

## I. Le médecin et son environnement numérique

### 1. L'environnement du médecin

- Patient
  - Collecte données notamment via outils (tensio, stétho)
    - Objets connectés, dossier patient informatisé facilement accessible, structurant démarche, recherche d'infos
  - Pose Dg, demande examens complémentaires, prescription soins ou médocs
    - Outils d'aide à la décision Dg ou thérapeutique
  - Communique décisions auprès autres professionnels
    - Messageries électroniques, partage espace de travail
  - Explique au patient pathologie, traitement et éducation
    - Applications pour aider suivi
- Réseau professionnel de collaborateurs
  - Coordination des soins
  - Expertise ou avis
  - Partage d'information via messagerie sécurisée ou DMP
  - Télémedecine : dématérialisation de l'espace de consultation
- Organismes payeurs publics et privés
  - Médecin = « générateur de dépenses » pour AM, il facture
  - Relation de conventionnement avec AM : rémunération conditionnée à l'atteinte d'objectifs de santé publique
  - Informatisation = exigence pour conserver conventionnement
- Autorités de régulation (ARS, HAS, Santé publique France)
  - Contribution au système d'information de santé territorial
  - ARS cartographie l'offre de soins
  - HAS qualifie la qualité de l'offre de soins par construction d'indicateurs
  - Veille sanitaire
- Organismes publics ou privés en charge de la formation continue
  - Étudier toute sa carrière, en 7 ans les connaissances sont obsolètes
  - Nouvelle pédagogie dématérialisée
  - Environnement de simulation

## 2. Le patient 2.0

- Empowerment
  - Prise de pouvoir sur connaissance médicale, offre de soins
  - Prise de pouvoir sur PEC : objets connectés, applications etc.
  - Prise de pouvoir sur ses données : maîtrise droits d'accès au DMP
- Informations sur internet
  - Informations Dg, thérapeutique et pronostic
  - Sites généralistes, sites associatifs (communauté de patients, patients experts), sites médicaux (validés scientifiquement) et forums
- Offre de soins
  - Proximité géographique, conventionnement, dépassements d'honoraires
  - Comparaison d'établissements, avis, prise de rendez-vous
  - Critères objectifs par autorités de régulation sur Scope Santé
  - Critères subjectifs : avis sur Hospitalidées
- Autonomisation du patient
  - Suivi : objets connectés, applications infos et rappels
  - Surveillance : monitoring des dispositifs cardiaques, surveillance maison par domotique
  - Assistance : robotique ou forums
- Acteur du système de santé
  - Génération de données donnent meilleure connaissance de vie réelle des patients
  - Contribution aux organismes de vigilance (EI)
  - Dossier médical partagé personnel

→ Plus de verticalité dans la relation médecin-patient

## 3. Le médecin 2.0

- Équipement informatique : ordinateur, smartphone (Cs hors cabinet), réseau haut débit, système de sauvegarde, lecteur de carte à puces, dispositifs de mesure connectés
- Logiciels
  - o Gestion cabinet médical :  
*Gestion dossier patient* : enregistrer éléments de consultation, réalisation prescriptions, intégrer résultats d'examen et autres documents de santé, détection situations à risque (interactions médicamenteuses), tableaux de bords pour gestion maladies chroniques  
Puis transfert sur DMP  
*Fonctions gestion du cabinet médical* : comptabilité, analyses rétrospectives de l'activité
  - o Messagerie sécurisée
- Services
  - o Prise de rendez-vous en ligne
  - o Réseau de vigilance sanitaire
  - o Notifications obligatoires : décès, EI etc.
  - o « Web médecin » de l'AM : simplifications démarches et historiques remboursements patients
  - o Hot line d'assistance
- Favoris internet
  - o HAS et autres sites de recommandations
  - o Médicaments
  - o Sites spécialisés : CRAT, Orphanet
  - o Sites sociétés savantes : infectiologie.com
  - o Sites de formation continue, journaux médicaux
  - o Cismef : moteur de recherche docu médicale
- Applications : bases médicaments, outils de calcul de scores, formules, banque de photo dermato, cas cliniques, réseaux
- Identité numérique : portée par CPS
- Communication sur internet

## 4. Esprit critique 2.0

- Risques associés à la technologie
  - o Collecte de données personnelles de santé, aucun traitement autorisé sauf ceux déclarés à la CNIL
  - o Applications santé diffusent données à entreprises : vérifier que solutions respectent confidentialité
  - o Objets connectés récupèrent données à l'insu utilisateur
  - o Fiabilité des outils et intérêt médical doit être validé
- Vérifications
  - o Logiciel diagnostique ou thérapeutique = dispositif médical, marquage CE
  - o Recherche bibliographique d'études sur ces solutions tech
  - o Portail de référencement pour qualifier applis : DMD ou MedAppCare, ImedicalApp
- Responsabilité médicale : décision finale est prise par le médecin, il en est responsable
- E-iatrogénie : mésusage entraîne dommages

## 5. Être formé en santé numérique

Spécialité : informatique biomédicale

- Bioinformatique : analyse séquence gènes en essor avec génomique fonctionnelle, protéomique, transcriptomique et séquençage massif  
Applications : médecine personnalisée, relations entre gènes, comprendre déterminants et mécanismes moléculaires de gravité d'une maladie, choix adapté patrimoine génétique
- Informatique clinique ou bioclinique : traitement données patients et connaissances médicales pour PEC
- Méthodes spécifiques appliquées aux populations : actions éducatives, préventives, curatives et sociales
- Informatique de santé publique : regroupe outils, techniques et applications informatiques permettant de raisonner niveau populations : outils de suivi de cohortes, registres maladies, systèmes de vigilance

## 6. Déontologie et web

- Information loyale à destination du public
  - o Information médicale à caractère objectif et finalité scientifique, préventive ou pédagogique, dans le champ de compétence et de qualification
  - o Si pseudonyme : déclaré à l'ordre
  - o Indépendance financière des liens recommandée
- Promotion publicitaire interdite
  - o Au-delà de l'information à but scientifique
  - o Incitations à commentaires, dénigrement confrère, publication de résultats trompeur, référencement abusif : incitation consommation de soins
- Charte CNOM pour web
  - o Design sobre, pas de référencement payant, pas d'avis ou notation, informations vérifiables
  - o Partie présentation médecin, titres et qualifications, informations pratiques (horaires etc.)
  - o Informations pédagogiques, liens valides et fiables

## II. Informatisation du dossier médical

### 1. Dossier patient

- Rôle :
  - o Traçabilité
  - o Stockage des données regroupées
  - o Outil pour retrouver infos
  - o Contient éléments de synthèse, d'analyse et de décision
  - o Outil de communication entre pros de santé
- Contenu : loi 4 mars 2002 = Ensemble des informations concernant la santé du patient détenues par le professionnel
  - o Hétérogène et réglementé : données subjectives, objectives, interprétées, décisions, notes, informations textuelles, numériques, signes, images, différents acteurs

- o Établissement de santé :
  - Infos entrée : courrier médical, motif d'hospit, antécédents, facteurs de risques, conclusions de l'évaluation clinique initiale, type de PEC prévue
  - Infos durant séjour : nature des soins, informations sur PEC, démarche médicale, comptes rendus, consentement, actes transfusionnels, prescription médicale, examens complémentaires, DSI, correspondances
  - Fin de séjour : compte rendu, lettre de sortie, prescription de sortie, modalités de sortie, fiche de liaison infirmière
  - Peut aussi contenir informations recueillies auprès de tiers n'intervenant pas dans PEC
- o Cabinet libéral : fiche d'observation pour chaque patient
- Évaluation :
  - o Qualité évaluée et publiée sur internet (Scope santé)
  - o 13 indicateurs : présence de dossier, identification du patient, présence d'un document d'admission, examen médical d'entrée, prescriptions médicamenteuses et sa qualité d'administration, CRH, personne de confiance, personne à prévenir, autres dossiers (anesth, CRO, transfu)
- Accès du patient à son dossier
  - o Délai de conservation hôpitaux : 20 ans sauf mineur de moins de 8 ans : conservé jusqu'à l'âge de 28 ans, 10 ans après DC DMP conservé 10 ans après clôture, acte transfusionnel conservé 30 ans
  - o Documents accessibles : résultats d'examens, CR, protocoles et prescriptions thérapeutiques, feuilles de surveillance, correspondances entre professionnels
  - o Documents non accessibles : informations recueillies auprès de tiers, certaines notes considérées comme personnelles
  - o Demande par courrier, communication sous 8 jours si récent, 2 mois si remonte à 5 ans sur place ou par courrier (au frais du patient)

- Informatisation du DP :
  - o Papier : problèmes de classement des infos, d'archivage, d'extraction des données, de traitement des données et de communication des éléments du dossier
  - o Informatisé : amélioration accessibilité informations recueillies, réutilisation pour soins, regroupement des données pour faciliter évaluation, recherche et planification

- Remplissage DP informatisé :

	Approche documentaire = texte libre	Approche orientée données = formulaires
+	- Saisie libre de l'info	- Exploitation des données - Connexion avec systèmes d'aide à la décision
-	- Difficulté d'exploitation des données - Difficulté de connexion avec les systèmes d'aide à la décision	- Nombreux items à remplir - Items insuffisamment remplis - Formulaires pas toujours adaptés à la situation clinique

- Structuration DP :

Chronologique	Permet de voir la succession des venues mais exploitation difficile
Selon la source	Regroupement des données en fonction de leur origine
Selon la spécialité	
Selon les acteurs de santé	Médical, infirmier, kiné etc.
Selon les problèmes	Permet rapprochement d'éléments de sources différentes mais difficultés lorsque problèmes dépendants les uns des autres

- Partage du DP entre professionnels de santé :
  - o Pas de dossier patient unique partagé ! Cloisonnement du dossier patient : un dossier médical par médecin, un dossier patient par hôpital -> Vers le DMP ?

## 2. Sécurité des données de santé

- Risque de l'informatisation : à tous les niveaux
  - o Programmes malveillants (virus etc.)
  - o Vols des matériels de stockage
  - o Perte d'intégrité des données dans les envois
  - o Failles de sécurité
  - o Hacking (ransomware etc.)
- Environnement nécessaire :
  - o Confidentialité des données
  - o Intégrité des données (exactitude)
  - o Traçabilité des actes
- Devoir de protection des données : secret professionnel, 5 principes sur la protection des données à caractère personnel :
  - o Finalité de la collecte des données annoncée
  - o Pertinence des données collectées
  - o Conservation jusqu'à atteinte de l'objectif, puis suppression
  - o Droits d'accès, de rectification et d'opposition des données
  - o Sécurité garantie par le responsable de traitement données
- Sécurisation du lieu de travail :
  - o Protection renforcée des ouvertures du lieu d'exercice
  - o Systèmes d'alarmes
  - o Équipements informatiques dans pièce verrouillée
  - o Ordinateur protégé (câble antivol) avec mot de passe robuste et mémorisable renouvelé périodiquement + antivirus et pare-feu + mises à jour régulières + mise en veille automatique avec déverrouillage par mdp + protection accès wifi
  - o Carte CPS pour s'identifier sur logiciel métier, qui sert à : authentification, signature électronique, chiffrement des données, transmission feuilles de soins, messagerie sécurisée, consultation DMP etc.
  - o Accès au logiciel métier tracés + sauvegardes sur différents supports conservés dans différents lieux

## 3. Chiffrement, sécurité et hébergement des données de santé

### Menaces informatiques

- Chaîne de contamination :
  - **Inception** : attaquant rencontre sa cible
  - **Intrusion** : attaquant pénètre système cible
  - **Infection** : déclenchement du code malveillant
  - **Invasion** : réalisation de l'attaque
- Typologie des codes et des effets :
  - Malwares :
    - Exploit : exploitation des failles de sécurité
    - Dialer : compose numéros à la recherche de cible
    - Injection de codes SQL
    - Worms : programmes autorépliquatifs ne nécessite pas de programme hôte, et virus : nécessitent programme hôte
    - Trojan : programme légitime modifié pour introduire code malveillant = charge utile
  - Charges utiles composant les Trojan :
    - Spyware : collecte et transfert d'infos, plusieurs types :
      - Scumware : téléchargement prog à l'insu
      - Adware : affichage de pub
      - Hijacker bho : modif paramètres navigateur
      - Keylogger : enregistre saisies clavier
      - Stealware : transfert argent ou données
    - Rootkit : accès furtifs à l'ordinateur
    - Backdoor : exploitation fonction inconnue système
    - Fork bomb : attaque par déni de service
- Hacking : recherche et/ou exploitation de faille de sécurité
- Métiers de la cybersécurité :
  - Auditeur ou contrôleur : vérif conformité, étudie vulnérabilités = prévention
  - Post-auditeur : propose plan de remédiation = traitement

- Opérateur : mise en œuvre politique sécurité de l'info
- Architecte de sécurité : structure choix techniques
- Experts des tests d'intrusion : « hacker éthique »
- Ex de Wannacry : exploit + virus + spyware = ransomware
  - Utilisation d'une faille dans le protocole réseau : propagation latérale aux autres systèmes du réseau

### Chiffrement et hachage

- Cryptologie = science du secret
  - | Cryptographie = protection du message
  - | Cryptanalyse = rupture de cette protection
  - Chiffrement ou cryptage : transformation d'un message clair en un message incompréhensible à l'aide d'une clé. Réversible.
    - Symétrique : clé unique
    - Asymétrique : 1 clé publique (chiffrement) envoyée par le destinataire et 1 clé privée (déchiffrement)
    - Clé de session : symétrique mais transmission de la clé par chiffrement asymétrique
  - Hachage : transformation d'une information de grande taille en information réduite. Irréversible.
- Typologie des modes d'authentification :
  - Sécurité repose sur mode de preuve de l'identité, 4 types de données :
    - Que l'on connaît = mot de passe
    - Que l'on possède = carte à puce
    - Que l'on est = empreinte biométrique
    - Que l'on sait faire = signature
  - Niveau de sécurité :
    - Simple/faible : 1 seul type de preuve (mdp)
    - Forte : plusieurs types de preuves
- Bases de données médico-administratives : pseudonymisation du numéro de sécurité sociale (NIR) par hachage
- Base PMSI nationale : nom d'utilisateur, mdp, numéro généré via clé RSA

## Règlement européen sur la protection des données

- RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données
  - S'applique à tous traitements de données des citoyens UE
  - Sanctions financières très lourdes + médiatiques
  - Chapitre 4 fondamental : notions socles du règlement en particulier la **notion de données à caractère personnel** : toute information se rapportant à une personne physique identifiée ou identifiable, directement ou indirectement notamment par référence à un identifiant en ligne ou à un ou plusieurs éléments spécifiques propres à son identité
- Données de santé
  - Droits des personnes : information, rectification, effacement (droit à l'oubli), limitation du traitement, portabilité des données, opposition
  - Art 9 : traitement des données à caractère personnel est interdit sauf exceptions
- Principes innovants :
  - Accountability ou obligation de documenter la conformité
  - Portabilité des données
  - Sécurité des données
  - Autodénonciation
- Délégué à la Protection des Données (DPD) : missions d'informer, conseiller, contrôler, dispenser des conseils sur demande (en ce qui concerne l'analyse d'impact relative à la protection des données), coopérer avec l'autorité de contrôle et faire office de point de contact pour l'autorité de contrôle. Il est indépendant et responsable

## Hébergement des données de santé

- Référentiels de sécurité
  - Texte pivot : arrêté 11 juin 2018 reprend 3 autres grands référentiels : PGSSI-S (Politique générale de sécurité des systèmes d'information de santé) et PSSI-MCAS (politique de sécurité des systèmes d'information pour les ministères chargés des affaires sociales)

- Certification des hébergeurs de données de santé
  - Art 204 loi 26 janvier 2016 + ordonnance 2017-27 du 12 janvier 2017 : évaluation de conformité technique réalisée par organisme certificateur accrédité par instance nationale d'accréditation (COFRAC : Comité français d'accréditation).
  - Deux certificats :
    - Hébergeur d'infrastructure physique
    - Hébergeur infogéreur (plateforme logicielle etc.)
  - Procédure : audit documentaire puis audit sur site
  - Certificat pour 3 ans

## III. Les supports numériques de la pratique clinique

### **1. Sites internet « généralistes »**

- EBM : utilisation consciencieuse, explicite et judicieuse des résultats scientifiques disponibles pour prendre des décisions quant à la prise en charge personnalisée des patients
- Taux de croissance des publications ++
- Bases bibliographiques :
  - Pubmed
  - CISMef
- Tentative de certification des sites de santé porté par HON (Health On the Net) qui a proposé un code de conduite déontologique HONcode, mais la certification a été distribuée trop largement

### **2. Bases de données médicamenteuses**

- Essentiellement 4 : Vidal, Claude Bernard, Thériaque et Thesorimed + base de données élaborée par ministère de la santé
- Inclus dans les logiciels d'aide à la prescription (LAP)

## 3. Les recommandations de bonne pratique

- France : HAS
- Royaume-Uni : NICE
- États-Unis : AHRQ, base de données NGC
- Privé : Vidal Recos, UpToDate

## 4. Aide à la décision

- Décision = opération conceptuelle du décideur, effectif qu'après mise en œuvre
- Processus de décision individuelle
  - Situation clinique d'un patient = problème
  - Analyse et fixation d'un objectif = décideur (médecin)
  - Prise de décision -> mise en œuvre = solution
    - Action immédiate, plan de soin, prescription, planification intervention chirurgicale
- EBM : démarche rationnelle, promeut la recherche et l'usage explicite des derniers et meilleurs résultats scientifiques ; pourtant variabilité des pratiques. Aussi, accroissement des connaissances, complexité prises en charge.
- Aide à la décision : personnalisation, vise les résultats pronostiques les meilleurs possibles ; fait appel à : état de l'art, optimisation, reproductibilité, qualité et sécurisation des soins, harmonisation des pratiques
- Processus d'aide à la décision :
  - Caractérisation du problème : définir l'ensemble des paramètres décisionnels d'entrée
  - Utilisation d'un modèle ou mobilisation des connaissances pour traiter les paramètres d'entrée
  - Résultat du traitement = paramètres de sortie
- Système d'aide à la décision (SAD, en anglais CDSS) : système fournissant aux cliniciens ou aux patients des connaissances cliniques ou des données relatives au patient, filtrées intelligemment et présentées au moment opportun pour faciliter la prise en charge

- Information manipulée doit se présenter sous forme numérique et modèle utilisé est computationnel (codes, algorithmes)

## Représenter numériquement l'information médicale

- Informations relatives à la situation clinique :
  - Disposer d'information numérique : saisie manuelle, obtention automatique (images, signaux, mesures), calculé à partir d'autres données numériques, réutiliser données du dossier patient
  - Variables binaires : oui/non (HTA, Tabac, Diabète etc.), variables numériques
  - Partage entre différents systèmes : **interopérabilité**, 3 niveaux chacun requérant que le niveau inférieur soit satisfait :
    - **Technique** : capacité à communiquer entre eux (protocoles SMTP, http, FTP, VPN etc.)
    - **Syntaxique** : capacité à reconnaître type d'info (convention de codage : décimal, binaire, hexadécimal etc./ structure des infos)
    - **Sémantique** : capacité à comprendre l'info, pour ça l'info ne doit pas être ambiguë à l'aide de codes référencés (thésaurus, nomenclature, taxonomie, classification)
    - Standards en biomédical : référentiel CI-SIS défini par ASIP Santé
      - Technique : standards d'internet
      - Syntaxique : CDA niveau 2 définit composantes structurées en XML de documents cliniques ; évolution actuelle FHIR ajoute des outils de manipulation. Images : DICOM
      - Sémantique : CIM-10, CISP-2, SNOMED CT, LOINC, DCI, CCAM, HeTOP
- CIM-10 : 21 chapitres, états morbides classés par organe ou appareil fonctionnel, hiérarchisé du plus général au plus spécifique

## Les modèles pour l'aide à la décision

- Exploitation de la représentation numérique de la situation clinique du patient par le module de traitement, repose sur modèles mathématiques, statistiques, probabilistes ou sur connaissances médicales formalisées (recos)

### **Approches numériques**

- Calculs simples : codable par algorithme, pas de problème de formalisation (IMC, Clairance créat, scores comme cardiorisk, scores de l'ESC)
- Modèles prédictifs basés sur outils mathématiques
  - o Méthode probabiliste par théorème de Bayes : principalement pour pronostics, estimation de risque d'événements et aide au diagnostic  
Notamment utilisé par DXplain

### **Approches logico-symboliques**

- Objectif premier de reproduire raisonnement humain avec outils logiques issus de tradition philosophique puis mathématique + cognition
- Systèmes experts, 3 composants :
  - o **Base de faits** constituée de l'ensemble des données décrivant la situation que l'on cherche à traiter (données patient)  
Variable, données initiales + données qui ont été inférées
  - o **Base de connaissances** qui est la représentation explicite et déclarative sous forme symbolique  
*Composant essentiel* : caractérise le domaine de compétence du système  
*Règles de production* : formalisme décrivant les bases de connaissances, en 2 parties : les prémises sont les conditions suffisantes à la réalisation ou à la déduction de la conclusion
  - o **Moteur d'inférence** est l'ensemble des programmes susceptibles d'articuler d'un point de vue logique les connaissances en fonction ou non de certaines données

### *3 sortes d'inférences logiques :*

- Déduction : dérive une conclusion à partir de règles et de propositions
  - Induction : proposition de règles à partir de faits
  - Abduction : propose des hypothèses sur la véracité de certains faits à partir de règles et de faits
- Modalités de mise en œuvre des SAD :
    - o Mode passif : système doit être sollicité, automatique  
Mode actif : système toujours en fonctionnement
    - o Approche automatique (asynchrone, mode actif ou passif)  
Approche documentaire (mode passif)  
Approches mixtes

## Applications d'aide à la décision

- Calculateurs de scores : estiment gravité d'une pathologie ou risque de survenue d'un événement, origines diverses :
  - o Initiatives libres : MASEF
  - o Initiatives pros : SFMU
  - o Sites privés : Clincalc, Medicalc
- Outils d'aide au diagnostic = symptom-checkers :
  - o Destiné aux médecins : DXplain, Aidediag expert
  - o Destiné aux patients : Isabel (anglais, version pro aussi), Symptocheck, E-docteur
- Aide à la thérapeutique
  - o Aide à la prescription (LAP) : sécurisation des prescriptions
    - Niveaux de contrôle : adaptation posologique, indication interactions et contre-indications
  - o Aide à la décision (SAD) : stratégie thérapeutique EBM  
**Sur bases de données populationnelles**
    - Mode actif (automatique) : critique prescription selon recommandations de bonne pratique (RBP) notamment
      - « infobuttons » qui indiquent RBP sur un thème en tenant compte des données patient

- « ASTI » pour PEC maladies chroniques liées au RCV
- Mode passif (documentaire) : Antibioclic, RecosDoc-Diabète

## Sur bases de données big data

- Méthodes analytiques construisent modèle mathématique des relations entre différentes variables à partir de l'examen d'un ensemble de données, ex :
  - Adjuvant ! Online : outil pronostic pour déterminer risques de mortalité et de rechute en fonction du type de traitement proposé
  - Watson : utilisation de techniques exploitant données (health analytics) et connaissances contenues dans textes (cognitive computing) ; système question-réponse

## Bénéfices et limites des systèmes d'aide à la décision

### - Pourquoi assister ?

Problèmes	Résolution avec SAD
Variabilité des pratiques	<b>Harmonisation pratiques</b>
Soins dispensés parfois sous-optimaux : ne suivent pas RBP, erreurs médicales parfois graves	<b>Qualité et sécurisation des soins</b>
Augmentation des dépenses de santé	<b>Effizienz des soins</b>

### - Efficacité des SAD

- Mesure de qualité des soins :
  - Performance ou process, basé sur observation des cliniciens par rapport à des référentiels
  - Résultat ou outcome, mesure de l'effet bénéfique par la guérison, rémission, diminution du risque etc.
- SAD permettent d'améliorer pratiques car capacité à d'adapter à la situation clinique, utilisables *in situ*, régularité du comportement et capacité de gestion complexité des données (évaluation par EPOC de Cochrane)

### - Conséquences inattendues, 9 types :

- Travail supplémentaire ou nouveau
- Problèmes de réorganisation
- Demandes sans fin
- Persistance du papier
- Problèmes de communication entre collègues
- Émotions (agacement, ordinateur lent)
- Changement des relations de pouvoir au sein des équipes
- Dépendance à la technologie
- Nouveaux types d'erreurs (e-iatrogénie) : sélection mauvais patient, erreurs mineures dupliquées, confiance aveugle dans les SAD (biais d'automatisation), fatigue des alertes qui ne sont plus lues, perte sens critique, manque de formation

### - Obstacles à l'adoption des SAD :

- Lié aux pros : barrière psychologique (rejet aide à la décision), perception d'un rapport défavorable coûts/bénéfices
- Lié aux logiciels : ergonomie logiciel pas adaptée et complexité des fonctionnalités pas maîtrisée, problèmes d'interopérabilité, fatigue des alertes
- Lié aux patients/représentation dans logiciels : qualité du codage laisse à désirer, polyopathologies
- Lié aux connaissances utilisées : utilisateur doit être d'accord avec les RBP et RBP n'existent pas pour toute pathologie (trous de connaissance)

## Techniques d'IA pour l'aide à la décision basée sur les données

### - IA symbolique : basé sur connaissances, permet de :

- Traduire les raisonnements sous forme de règles d'inférence
- Représenter les relations par des liens sémantiques

### - IA connexionniste : centré sur les données, après avoir sélectionné des données, des techniques d'apprentissage :

- Supervisées tentent de retrouver la décision d'un expert : nécessite modèle prédictif permettant de générer une décision et données suffisantes pour prendre décision, quatre étapes :

- Choix des variables décrivant le cas
- Sélection d'une base de données (cas décrits et annotés par expert)
- Choix d'un modèle prédictif, plusieurs types : arbres décisionnels, réseaux neuronaux artificiels, réseaux bayésiens, machines à vecteur de support etc.
- Apprentissage proprement dit
  - Non-supervisées regroupent les données similaires
- Extension à l'apprentissage profond : les réseaux de neurone convolutifs
  - Réseaux convolutif = empilage de réseaux de neurones, où chaque réseau effectue un calcul de convolution (somme pondérée des points dans un voisinage donné)
  - Deep learning : permet d'identifier des motifs aussi bien à niveaux macroscopiques que microscopiques, utilisés dans vision par ordinateur (voiture intelligente)
- Applications en santé :
  - Identifier stade radiologique d'arthrose du genou
  - Localisation et identification des vertèbres sur Rx
  - Localisation du rein droit sur imagerie 3D
  - Reconnaissance du foie sur TDM abdo 3D
  - Reconnaissance de lésions cutanées sur photo
  - Prédiction pronostique à partir des données du dossier

## 5. Entrepôts de données

- Intérêt dans les études translationnelles, mais :
  - Volume de données très important, recherche manuelle impossible
  - Système d'information complexe : plusieurs logiciels métier, nécessité de croiser les infos
- Entrepôt de données : outil permettant de passer du monde opérationnel (collecte, modif infos = SI) au monde décisionnel (lecture seule des données, agrégation données) en réorganisant les informations. C'est un ensemble de données historiques, nettoyées, valides, complètes et cohérentes d'un établissement, il va contenir

toutes les données d'un SI mais réorganisées pour simplification et pour interrogation.

- Modèle au sein des hôpitaux : **plateforme i2b2** développée par Harvard, sert à définir un format commun des données hospitalières, propose des outils de visualisation et d'analyse des données
- Usages :
  - Meilleur PEC : médecin cherche patients similaires (mémoire collective)
  - Création d'une cohorte
  - Proposer nouvelles hypothèses de recherche par étude de signaux sans hypothèse *a priori*
  - Recrutement pour recherches cliniques
- Données de santé de l'Assurance Maladie regroupées au sein d'un entrepôt : **SNIIRAM** (Système national d'informations inter-régimes de l'AM)
  - Base de données de remboursements anonymisées, chaînées avec données du programme de médicalisation des SI
  - Accès aux chercheurs et décideurs très sécurisé

## IV. Maitriser l'information numérique

### 1. Savoir faire une recherche bibliographique

- Exigence d'EBM, obtention données en 4 étapes :
  - Formulation question clinique
  - Recherche des publications pertinentes
    - Meilleures preuves : essais contrôlés randomisés ou revues systématiques
    - Synthèses d'études : guides bonnes pratiques, documents pédagogiques, ouvrages médicaux
  - Analyse critique des résultats
  - Tentative d'application
- MEDLINE : base de données bibliographiques gérée par bibliothèque américaine de médecine

## PubMed

- Colonne de gauche : type d'étude (essai, revue systématique), texte intégral disponible, année de publication
- Recherche avancée : nom d'auteur, mot clé dans le titre, etc.
- MeSH : terminologie inclus dans les métadonnées, permet d'indexer les articles
- HeTOP : traduction du MeSH en français
- DOI : identifiant unique de chaque article
- PMID : identifiant Pubmed des articles référencés sur Pubmed

## Autres moteurs

- Cochrane Library
  - o 6 bases de données :
    - CDSR : collection des revues systématiques de la collaboration Cochrane sur l'efficacité des interventions en santé (principale BD)
    - DARE : revues systématiques non Cochrane
    - CENTRAL : registre essais contrôlés
    - CMR : registre méthodologique Cochrane
    - HTA : registre d'évaluation des technologies de santé
    - NHS EED : registre évaluations économiques à travers le monde (destiné aux décideurs)
- Google Scholar
  - o Recherches dans littérature grise (non éditée) et création de sa propre bibliothèque en ligne
  - o Tri des articles en fonction du nombre de citation et de consultation récente

## 2. Publier à l'ère du numérique

- Processus de publication :
  - o **Choix des auteurs** : avoir joué un rôle dans la conception du projet et protocole expérimental, acquisition des résultats ou analyse et interprétation des résultats, avoir écrit première version ou participé à révision critique, approuver la version finale et assumer responsabilité du contenu. Ordre important

- o **Rédaction de l'article et soumission à une revue** : revue demande évaluation à des experts du domaine (pairs) qui demandent modifications, corrections, expériences supplémentaires
- o **Correction ou soumission à une autre revue** : ensuite l'éditeur met en forme suivant ses standards
- o **Publication**
- Avant le numérique : échanges par courriers et articles publiés dans des périodiques envoyés aux bibliothèques et centres de recherche
- Avec le numérique :
  - o Augmentation productivité (diminution des délais d'échanges), diminution des coûts de publication, disparition concept de périodique : maintenant continuum de publication sur internet et nouveaux types de journaux (plus one qui publie tout type de recherche valide scientifiquement)
  - o Évaluation des chercheurs sur critères quantitatifs : nombre d'article, position dans ces articles, prestige des revues = impact factor (IF), qui est aussi devenu un outil d'évaluation individuel (SIGAPS)
- Impact factor : nombre moyen de citation de chaque article de la revue publié au cours des deux dernières années, établi sur la base du moteur de recherche « Web of Science ». Mais ne reflète pas qualité individuelle d'un article : IF sous-estime l'importance des articles les plus cités et sur-estime l'importance des articles les moins cités. Publié chaque année par Citation report.
- SIGAPS : points valables pour chercheurs travaillant dans un hôpital, privé ou public, français.
  - o Chaque revue entre dans une catégorie correspondant aux percentiles de son IF dans sa discipline (de A, meilleur, à E)
  - o Interrogation nominative de Pubmed, chaque article reçoit un score de 1 à 32 points qui est le produit du coefficient attribué pour la catégorie de la revue (A=8) et du coefficient attribué à la position de l'auteur dans l'article (1 à 4)
  - o SIGAPS = somme des points de chaque article
- MERRI : financement centre recherche en fonction des SIGAPS

## 3. Outils de gestion des références bibliographiques

- Endnote (non libre, payant)
- Mendeley (non libre, gratuit)
- Zotero (libre, gratuit)

## 4. Mettre en œuvre une veille scientifique

- Terminologie pull/push d'accès à l'info
  - Pull : aller régulièrement à la recherche de nouvelles informations mais prend du temps
  - Push : notifications lors de la publication d'un article
- Veille par mail
  - Alertes mails : proposées par Pubmed, Google Scholar, Web of Science, blogs, sites de presse
  - Newsletter : délai
  - Listes de diffusion : ensemble des membres peuvent envoyer un mail
  - Limites : submergé de mails, espace de stockage limité
- Veille par flux RSS et agrégation
  - Permet abonnement au flux RSS et agrégation de l'ensemble des abonnements au même endroit
  - Lecture par logiciel dédié (Tiny tiny RSS), utilisation d'un navigateur internet (pas d'agrégation), utilisation d'un client de messagerie (Outlook, Thunerbird etc.), utilisation d'un portail internet (netvibes)
- Autres canaux :
  - Microblogging (twitter), réseaux sociaux pro (viadeo, linkedin) et autres réseaux sociaux (facebook etc.)
  - Applications médicales : Medpics etc.
- Outils de formation continue
  - Unf3s
  - MOOC FUN

## 5. Propriété intellectuelle et plagiat

- Protection des œuvres
  - Droit d'auteur se compose de :
    - Droit moral : reconnaît la paternité de l'auteur et protège intégrité de l'œuvre, droit perpétuel
    - Droits patrimoniaux : rémunération lors de l'utilisation jusqu'à 70 ans après la mort de l'auteur, ensuite domaine public
  - Protection d'une œuvre formelle (pas une idée) automatique
  - Pays anglo-saxons c'est le copyright qui protège les œuvres
- Plagiat
  - Existe dans la loi dans la notion de contrefaçon, considéré comme un délit
  - Fautes déontologiques et éthiques liées au plagiat sont du ressort des instances universitaires
  - Auto-plagiat : double publication (un même travail pour valider deux diplômes), saucissonnage des résultats dans plusieurs publications, infraction au copyright, recyclage d'un texte
  - Paraphraser = plagiat

## V. Collaboration numérique en santé

### 1. Outils numériques collaboratifs

- En santé il faut passer d'un travail coopératif à un travail collaboratif : coopératif lorsqu'il est divisé en plusieurs tâches et que chaque personne effectue ses propres tâches indépendamment des autres / collaboratif lorsqu'il est effectué à plusieurs sans découpage en tâches individuelles. Demande communication ++, outils pour faciliter : outils génériques et outils spécifiques à la santé.
- Outils génériques :
  - Asynchrone : mail, liste de diffusion, forums, flux RSS, réunions, wikis, plateforme de formation à distance

- Synchrones à distance : chat, téléconférence, vidéoconférence, téléconsultation
- Synchrones au même endroit : parole (voire mails)

## 2. La médecine de parcours

- En santé il faut passer du colloque singulier à la médecine de parcours
- Vieillesse de la population, augmentation des malades chroniques : patients polypathologiques, polymédiqués donc PEC pluri-professionnelle
- ASIP Santé : favorise développement SI partagés dans secteurs de santé et médico-social

## 3. La messagerie sécurisée

- Conditions pour que la voie électronique ait la même valeur que le papier :
  - Patient identifié et producteur d'informations authentifié
  - Intégrité du procédé pour établir et/ou conserver le document est garanti
- MSSanté développé par ASIP Santé
  - Certificat électronique d'identification adossé à un annuaire (RPPS) et une authentification forte (carte CPS, pas uniquement)
  - Satisfait obligations de la loi Informatique et Libertés : professionnels doivent utiliser service de messagerie sécurisée
  - Processus :
    - Téléchargement liste blanche, vérification que destinataire est dedans
    - Initiation création tunnel TLS avec destinataire
    - Destinataire vérifie que l'expéditeur est dans liste blanche
    - Établissement tunnel TLS

## 4. Dossier médical partagé

- Objectif initial : dossier médical numérique, support de coordination des acteurs de la PEC d'un patient, ils y trouveraient infos utiles à continuité des soins + respect des droits des patients par accès direct au dossier et choix des professionnels ayant accès
- Reprise du projet par le CNAMTS pour déploiement, après avoir été mis au point par l'ASIP Santé, nouveautés pour améliorer adhésion :
  - Création du DMP par les assurés sociaux et non plus par les professionnels
  - Versement des historiques de remboursement (12 derniers mois) directement, pour éviter les DMP vides
  - Incitation à alimenter DMP, notamment à l'hôpital c'est un critère de certification
- Création DMP : assuré social, professionnels, préposé accueil dans établissements de santé, agents des organismes d'assurance maladie (recueil consentement obligatoire)
- Accès au DMP : autorisé pour l'équipe de soin sans qu'ils ne soient expressément autorisés sauf si le patient s'y oppose, pour professionnel en dehors de l'équipe de soin il faut un consentement, possibilité d'interdire accès au DMP à certains professionnels, accès en « bris de glace » en cas d'urgence peut être interdit par le patient
- Versement de documents :
  - Le patient ne peut s'opposer au versement d'infos utiles à sa PEC mais peut masquer certaines infos qui ne sont accessibles qu'au MT et auteurs de ces infos
  - Professionnels peuvent rendre certaines infos « sensibles » qui sont invisibles au patient : au bout de 15 jours le patient est informé qu'il doit voir un professionnel, au bout d'un mois elle devient visible au patient (infos nécessitent Cs annonce)
  - Synthèse médicale par MT, CRH, CR biologie, fiche RCP (FRCP), programme personnalisé de soins (PPS) : contenu doivent être structurés pour interopérabilité
- Traçage de toute action sur DMP, journal d'accès visible par patient et MT et notification au patient de chaque consultation par pro
- Clôture possible à tout moment

## 5. Dossiers professionnels partagés

- A l'inverse du DMP le patient n'y a pas accès, plusieurs types
- Dossier communicant de cancérologie (DCC)
  - PEC représenté par un parcours par différents acteurs : dépistage, diagnostic, consultation d'annonce, proposition thérapeutique, traitement actif, surveillance
  - Différents documents : CRO, CR-ACP (Dg), FRCP, PPS et PPAC (surveillance et suivi)
  - Solutions de production gérées au niveau régional
  - A partir de la structuration de ce documents, utilisation à visées épidémiologie, évaluation politiques de santé, recherche
- Dossier pharmaceutique (DP)
  - Ouvert après recueil de consentement, recueil tous les médicaments délivrés en officine durant les 4 derniers mois
  - Lutte contre iatrogénie (interactions, surdosages), amélioration suivi thérapeutique, support d'infos comme retrait de lots ou alertes sanitaires
  - Accessible aux pharmaciens hospitaliers depuis 2012, plus récemment à certaines spécialités à l'hôpital (urgences, AR, gériatrie)

## 6. Télémedecine et objets connectés

- Télémedecine : pratique de la médecine à distance s'appuie sur prestation de soins à distance et échange d'information médicale s'y rapportant permis par technologies de l'information et de la communication
  - Médecin établit un Dg, assure suivi, requiert avis spécialisé, effectue surveillance
  - Mise en relation d'un patient avec un auxiliaire médical ou patient et médecin ou deux médecins
  - Fort support politique car meilleur accès aux soins
  - Possible suivi continu via dispositifs médicaux connectés (CardioDom télésurveillance des patients IC chroniques)

- Programme ETAPES (Expérimentations de télémedecine pour l'amélioration des parcours de santé) : lancement télémedecine (télé-expertise, téléconsultation, télésurveillance pour 4 pathos : plaies complexes, psychiatrie, gériatrie, IR et IC chroniques) dans 9 régions par ARS sur signature de convention
- Modalités techniques de vidéo transmission doivent suivre référentiel de sécurité pour garantir identité des acteurs et protection des données
- 5 actes de télémedecine :
  - **Téléconsultation** : consultation vidéo transmise
  - **Télé-expertise** : médecin requérant auprès de médecin requis
  - **Télésurveillance médicale** : professionnel médical interprète données de suivi via objets connectés
  - **Téléassistance médicale** : professionnel médical assiste à distance un autre pro au cours de la réalisation d'un acte
  - **Régulation** : premier Dg au téléphone afin d'adapter la réponse
- Objets connectés et applications mobiles
  - Explosion mais la plupart doivent encore faire preuve de leur impact
  - Étude montre que tensiomètres connectés sont pas fiables
  - Site NHS recense applications cliniquement fiables, a dû fermer suite à un article qui montrait que 90% des applications transmettaient infos à tiers. Rouvert depuis
  - Risque de piratage et manipulation à distance (pompes à insuline, pacemaker)
  - **Idée de labellisation facultative exploiterait 3 dimensions : fiabilité médicale, protection des données et cybersécurité**

## 7. Autres outils numériques

- Prise de rendez-vous en ligne
  - Comme Doctolib, Mondocteur : prise de rendez-vous, répertoire
  - APHP premier hôpital à utiliser ce service
- Conseil médical personnalisé : MesDocteurs
  - Réponse à toute question médicale en moins de 15 minutes tous les jours
  - Second avis en ligne avec envoi d'éléments du dossier, réponse en moins de 7 jours

## 8. L'assurance maladie à l'ère du numérique

- Organisation de la protection sociale en FR
  - Principes fondateurs datent 1945 :
    - Protection obligatoire contre risques vieillesse, maladie, maternité, accidents du travail, charge de famille pour salariés du commerce et de l'industrie
    - Financement par prélèvements sur revenus travail
    - Couverture pas limitée aux salariés
    - Démocratie sanitaire : gestion paritaire des caisses par partenaires sociaux au sein d'un CA
  - Ordonnances 1967 : création d'une agence centrale et 3 caisses nationales de sécurité sociale = maladie, vieillesse et allocations familiales
  - Ordonnances 1995 : création d'un régime universel d'AM permettant ouverture automatique du droit SS à toute personne majeure en situation régulière + politique de maîtrise des dépenses de soins + contribution au remboursement de la dette sociale (CRDS)
  - Organismes de gestion :
    - Famille : caisses d'allocations familiales (CAF)
    - AM : caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) au niveau national et caisse primaire d'assurance maladie (CPAM), caisse

d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) et caisse générale de sécurité sociale (CGSS) au niveau régional

- Retraite : caisse nationale d'assurance vieillesse des travailleurs salariés (CNAVTS) au niveau national et CARSAT et CGSS au niveau régional
- AM : remboursement frais médicaux en fonction tarif fixé et selon pourcentage dépendant du type de soin et pathologie
- CMU (couverture maladie universelle) : AM pour personnes qui n'y avaient pas droit, gratuit pour faibles revenus, sinon cotisation 8% des revenus fiscaux
- PUMA (protection universelle maladie) : remplace et simplifie CMU
- AMC (assurance maladie complémentaire) : complément de remboursement du « reste à charge » que laisse l'AM
- CMU-C : complémentaire accordé gratuitement pour un an aux personnes à faibles revenus
- AME (aide médicale d'État) : PEC 100% pour personnes en situation irrégulière sur le territoire depuis plus de 3 mois et moins de 12 mois, renouvelable
- Dématérialisation des échanges entre professionnels de santé et AM
  - Feuille de soins électronique : réduction des coûts de traitement, permet pilotage des soins (performance organisation du cabinet, qualité pratique médicale)
  - Sécurisation de télétransmission fondé sur 2 cartes :
    - Carte vitale pour identifier le patient : contient identité de l'assuré social et ayants droits de moins de 16 ans, contient numéro d'immatriculation et régime d'AM, CPAM de rattachement, droits d'exonération du ticket modérateur (ALD, maternité)
    - Carte CPS pour identifier professionnel de santé : délivrée par GIP ASIP Santé, en lien avec répertoire RPPS, contient signature électronique, accès DMP, messagerie sécurisée, procédures de télédéclaration (incident transfusionnel E-FIT, décès CERT-CD), utilisé aussi pour authentification logiciels APHP

## 9. Les déclarations obligatoires à l'ère du numérique

- Accidents transfusionnels
  - Fait partie du système de vigilance organisé par ANSM qui a en charge 8 vigilances (pharmaco, addicto, hémo, matério, réacto, bio, cosméto)
  - Déclarants : correspondants d'hémovigilance des établissements de transfusion (EFS), correspondants d'hémovigilance des établissements de santé
  - Télédéclaration avantages : grande réactivité, amélioration sécurité transmission des données, qualité et complétude des données, exploitation facilitée donc meilleur pilotage
  - Application E-FIT (ANSM) outil unique de déclaration : effets indésirables receveurs (EIR), effets indésirables graves donneurs (EIGD), informations post-don (IPD) et incidents graves (IG)
- Maladies à déclaration obligatoire (MDO)
  - 32 maladies dont 30 infectieuses
  - Transmission par clinicien ou biologiste à ARS qui transmet ensuite à InVS, actuellement par voie postale, télédéclaration uniquement pour VIH (application e-DO de SPF)
- Certificats de décès
  - Transmission à la mairie et au CépiDc-INSERM
  - Avantages : diminution délais production d'indicateurs d'alerte et des statistiques de mortalité, amélioration de la qualité et fiabilité des données, renforcement de la confidentialité des données (chiffrement)
  - Volet complémentaire pour renseigner si recherche médicale ou scientifique des causes du décès

## 10. Le programme de médicalisation des SI (PMSI)

- Histoire du financement des hôpitaux :
  - Avant 1984 : budget = produit du nombre de journées d'hospitalisation et prix de journée fixé ; ainsi les durées de séjour ont augmenté

- Réforme 1983 : introduction de la dotation globale de fonctionnement (DGF), ce qui a réduit les investissements et entraîné un retard (équipement IRM par ex)
- Réforme 1991 : tarification à l'activité (T2A), nécessite SI décrivant les pathologies et leur PEC pour pouvoir affecter chaque patient à un GHM (groupe homogène de malade)
- Fonctionnement du T2A :
  - Choix des GHM : principe de maximiser l'écart des coûts entre les groupes et minimiser l'écart des coûts au sein des groupes. Mesure de l'écart des coûts à partir du diagnostic, des actes réalisés et des caractéristiques du patient (âge, sexe, comorbidités), il a fallu uniformiser recueil Dg et actes : création des codes
  - Chaque unité d'hospitalisation produit un résumé d'unité médicale (RUM), ils sont agrégés en résumé de séjour standardisé (RSS) et un algorithme de groupage va affecter chaque séjour à un GHM
  - RUM :
    - Données administratives : nom, sexe, âge, ville
    - Informations sur le séjour : établissement, unité médicale, date d'entrée et sortie etc.
    - Informations médicales : Dg, actes médicaux réalisés...
  - 4 types de Dg :
    - Dg principal : problème qui a motivé admission
    - Dg relié : maladie chronique sous-jacente au pb
    - Dg associés significatifs (DAS) : comorbidités actives
    - Dg associés documentaires (DAD) : antécédents
  - Codage :
    - Dg à partir de CIM-10
    - Actes à partir de nomenclature FR (CCAM) : 4 lettres (2 pour organe, 3<sup>e</sup> pour action, 4<sup>e</sup> pour accès/technique) + 3 chiffres (compteur)

- Algorithmme de passage du RSS au GHM, 3 étapes :
  - Affecter à chaque séjour une catégorie majeure de Dg
  - Orienter le séjour dans une des racines (env 700) de GHM réparties dans les catégories majeures de Dg : comporte 3 lettres : 2 lettres (catégorie majeure Dg), 1 lettre (type de groupe : M médical, C chir...) + numéro compteur
  - Dernière ramification basée sur les comorbidités permet de passer des racines aux GHM (env 3000) : rajout d'une lettre ou chiffre qui prend en compte complications et comorbidités
- Tarif du séjour : un GHM est couplé à un GHS (groupe homogène de séjour) qui correspond au tarif du séjour, il est majoré si particulièrement long, minoré si particulièrement court (adaptation peu fine à la durée de séjour afin de diminuer ces durées), ajustement en fonction des soins et unités médicales
- Autre intérêt du PMSI : pilotage de la santé des patients
  - Évaluation de l'activité des hôpitaux : dispo sur scasanté, production d'indicateurs de qualité des soins aussi
  - Études médico-économiques : mise en évidence inégalités territoriales de recours aux soins et ainsi le déficit en pros
  - Surveillance épidémiologique
  - Pharmacovigilance
  - Recherche

## IV. Intelligence artificielle en médecine

### 1. Définition et concepts

- IA : ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence. On distingue deux approches en IA :
  - Déterministe : moteurs d'inférence programmés en fonction des meilleures pratiques

- Statistique : apprentissage à partir de données de façon autonome pour faire évoluer le système (machine learning)
- Machine learning :
  - Premières utilisations du machine learning remonte à 2<sup>nde</sup> GM avec théorisation du « cerveau électronique », stagnation ensuite, puis nouvel essor avec le deep learning au Canada années 80
  - Médecine : rendu possible par digitalisation des données (dossier médical, logiciel de prescription, imagerie, séquençage génétique) = big data, 4 V :
    - Volume important
    - Variété (hétérogénéité)
    - Vitesse
    - Véracité (qualité des données)

### 2. Méthodes de machine learning

- Machine learning permettrait médecine personnalisée car on estime que l'humain ne peut intégrer que 5 facteurs
- Plusieurs méthodes :
  - Régression logistique : la plus simple, on crée un modèle mathématique à partir d'observations réelles
  - Machine à vecteur de support : création d'un modèle qui permet de calculer la marge maximale qui peut exister entre deux échantillons (= vecteur support)
  - k plus proches voisins : on crée des groupes en tenant compte des k échantillons d'apprentissage dont l'entrée est la plus proche de la nouvelle entrée à classer
  - Arbres décisionnels : on définit un arbre de caractéristiques binaires qui permet successivement de classer de façon mutuellement exclusive des individus d'un groupe
  - Réseaux neuronaux : chaque nœud possède un poids et un biais, le réseau va converger afin d'apprendre, à partir des données existantes, à réaliser correctement une classification, qui sera donné par les neurones de sortie

- Deep learning : la plus complexe, évolution des réseaux neuronaux consiste à multiplier le nombre de couches de neurones, particulièrement intéressant lorsque le nombre de caractéristiques à explorer est grand ou exploration de bases d'imageries
- Choix de la méthode en respectant le principe de simplicité aussi appelé rasoir d'Ockham : inutile d'utiliser un algorithme complexe si méthode plus simple fournit même résultat
- Schéma global quelle que soit la méthode : utilisation d'une base de données dite d'apprentissage sur laquelle on entraîne un algorithme afin qu'il classe correctement les individus et observations de cette base, on teste ensuite cet algorithme sur une 2<sup>e</sup> base de données qui lui est inconnue pour vérifier concordance des prédictions données et réalité
- Deep learning :
  - Contrairement à régression logistique, permet d'obtenir des prédictions reposant sur optimums multiples et complexes
  - Terme apparu en 2006, avancées en 2012 avec création AlexNet, 2016 création de ResNet avec 56 couches de neurones artificiels
  - Dans un réseau neuronal profond, chaque couche de neurones sera optimisée pour discriminer les individus sur une caractéristique ou sur une combinaison de caractéristiques
  - Plusieurs framework (bibliothèques de code) : tensorflow (google), pytorch (facebook), scikit learn (INRIA)
  - Limites méthodologiques engendrent difficultés spécifiques à leur application en médecine :
    - Données disponibles sont limitées quantitativement et qualitativement (granularité = niveau de détail, surapprentissage = trop de données pour trop peu de patient)
    - Effet boîte noire des algorithmes d'apprentissage automatique : impossible de comprendre pourquoi l'algorithme fournit la réponse qu'il fournit

- Résultats d'un modèle doivent être interprétés en fonction de ses principales mesures et de leurs intervalles de confiance :
  - Précision (accuracy) : nombre de classifications correctes sur nombre total de classifications
  - Aire sous la courbe (AUC) : surface sous la courbe traçant les vrais positifs (sensibilité) en fonction du nombre de faux positifs (1- spécificité)
  - Matrice de confusion : détaille le nombre d'observation dans chaque groupe, telles qu'elles sont réellement et telles qu'elles sont prédites par le modèle

### 3. Exemples d'applications

- Stanford 2016 : entraînement d'un réseau neuronal profond (Inception V3) sur env 130 000 photos de lésions cutanées et ont comparé résultats donnés par le réseau à ceux obtenus par 21 dermatologues, fonctionne très bien
- Développement algorithme capable d'identifier et de grader la rétinopathie diabétique sur fond d'œil, entraîné sur env 130 000 photos, comparé à 54 ophtalmologues, fonctionne très bien
- Analyse de données textuelles pour prédire l'apparition de maladie à l'avance : utilisation d'env 75 000 dossiers médicaux pour prédire l'apparition de 78 maladies. Approche appelée « deep patient », réussi à prédire : 1 an à l'avance le diabète, k rectum, k foie Pose question éthiques notamment domaine de l'assurance
- Analyse d'image de TDM et IRM : équipe de Maastricht ont développé un algorithme qui prédit évolution et survie de patients k pulmonaire ou ORL
- Stanford : entraînement réseau profond (CheXNet) sur 100 000 radios de thorax pour détecter 14 type d'anomalies, fonctionnement acceptable
- Australie : entraînement réseau neuronal pour prédire décès d'un patient à 5 ans uniquement à partir d'un scanner (questions éthiques)

#### 4. Perspectives

- Validation clinique de l'apprentissage des machine learning, quelle méthodologie ? Étude randomisée ? Si oui, faut-il « geler » l'apprentissage ? Ce qui perd l'intérêt de ces algorithmes qui se mettent à jour en permanence. Si on ne « gèle » pas on n'est pas sûr de la validité à un instant T
- Possible « enfermement thérapeutique » : si tout le monde l'utilise, pas de variabilité des pratiques, pas d'évolution des PEC sans intégration de données externes
- Fiabilité : les réseaux neuronaux peuvent être intentionnellement trompés, notamment par réseaux antagonistes (GAN) sans que ça ne soit visible
- « Catastrophic forgetting » : si on prend un réseau faible (comme ceux vus en exemple, utilisés pour une seule tâche) et qu'on l'entraîne à une autre tâche, il oubliera tout le reste. Actuellement pas possible de faire plusieurs tâches
- Expérience, émotions, empathie restent domaine humain mais possibilité de simuler émotions pour certaines IA (bluff poker)
- 5-10 ans impactera imagerie et anaph, ensuite le reste

- Procédure d'agrément des hébergeurs de données de santé va être remplacée en 2018 par procédure de certification
- Les professionnels de santé qui font partie de l'équipe de soins qui prend en charge un patient sont autorisés à accéder à son dossier médical sauf opposition du patient
- Keylogger = enregistre saisies du clavier
- Infection = installation logiciel malveillant
- Carte vitale permet de bénéficier du tiers payant
- Carte CPS ne contient pas que les données d'identification de son porteur
- Certaines bases de données médicamenteuses ne peuvent pas être intégrées dans un logiciel d'aide à la prescription
- Ressources EBM :
  - o OUI : expérience clinique, besoins et préférences du patient, données actuelles de la science issues de la littérature scientifique
  - o NON : presse médicale, articles indexés dans Google Scholar
- RBP : pas forcément validées par HAS, élaboration aussi par Institut National du Cancer
- Zotero ne permet pas d'importer des références biblio CisMEF
- SIGAPS : pas dans tous les domaines scientifiques
- Article : avoir fourni données n'est pas suffisant pour être auteur
- Télé-expertise = synchrone
- e-FIT : géré par ANSM
- DMP : infos masquées et journal d'accès visible par patient et MT
- CCAM : nomenclature actes pour T2A accessible en ligne
- GHM : pas des groupes homogènes de pathologies
- Recours à feuille de soins électronique par pro permet d'augmenter revenus
- SAD : fonctionne malgré données manquantes
- CR communiqué par : fax, courrier postal simple, DMP, messagerie sécurisée
- ASIP Santé : n'a pas créé de cadre d'interopérabilité des SI