

NANTES UNIVERSITÉ

FACULTÉ DE MÉDECINE

Année 2023

N°

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

(DES de MÉDECINE GÉNÉRALE)

par

Marin LUCAS

Présentée et soutenue publiquement le mardi 27 juin 2023

**ANALYSE STANDARDISÉE DES PROCESSUS
DU RAISONNEMENT DIAGNOSTIQUE INITIAL.**

**Application à une cohorte de 64 étudiants
de l'université de Nantes en 3e année
d'études de médecine.**

Président : Monsieur le Professeur Pierre POTTIER

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Bernard PLANCHON

NANTES UNIVERSITÉ

FACULTÉ DE MÉDECINE

**ANALYSE STANDARDISÉE DES PROCESSUS DU RAISONNEMENT DIAGNOSTIQUE
INITIAL.**

Application à une cohorte de 64 étudiants de l'université de Nantes en 3e année d'études de médecine.

Marin LUCAS

Cette thèse a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Monsieur le Professeur Pierre Pottier

Président du jury

Monsieur le Professeur Bernard Planchon

Directeur de thèse

Monsieur le Professeur Michel Chérel

Autre membre du jury

Monsieur le Docteur Jean-Baptiste Amélineau

Autre membre du jury

Monsieur le Docteur Stéphane Calais

Autre membre du jury

ANALYSE STANDARDISÉE DES PROCESSUS DU RAISONNEMENT DIAGNOSTIQUE INITIAL.
Application à une cohorte de 64 étudiants de l'université de Nantes en 3e année d'études de médecine.

RÉSUMÉ

INTRODUCTION: L'analyse du raisonnement se développe depuis l'Antiquité. Différentes formes de raisonnement diagnostique initial (RDI) sont décrites: inductif ou déductif, analytique ou non... Néanmoins, aucun gold standard n'est établi pour l'analyse du RDI. L'objectif était de valider un outil d'analyse standardisée des processus du RDI lors de la résolution d'une vignette clinique par des étudiants, permettant de décrire les séquences de leur démarche diagnostique et de quantifier leurs différentes formes de raisonnement.

MÉTHODES: Une application nommée RAIMED, conçue pour recueillir et analyser les processus du RDI, a été évaluée sur un groupe de 64 étudiants en 3e année d'études de médecine confrontés à la résolution d'un cas clinique écrit. L'application permettait de décrire les séquences de leur raisonnement et d'en faciliter la lecture grâce à une représentation graphique appelée "engramme". Le calcul de paramètres quantitatifs du RDI avait pour objectif d'identifier, pour la vignette choisie, un profil de raisonnement représenté sous forme de radar. Les critères pour valider la signification de ces paramètres étaient les scores de justesse diagnostique, de connaissances théoriques et d'approche d'apprentissage (Biggs).

RÉSULTATS : Les engrammes ont permis de bien identifier les processus erronés ainsi que l'absence de raisonnement structuré, notamment pour le groupe d'étudiants n'ayant trouvé aucun diagnostic (n=18). La comparaison des radars représentant les différents paramètres calculés de ce dernier groupe et du groupe ayant trouvé tous les diagnostics (n=11) a permis la mise en évidence de différences pertinentes au plan pédagogique pour les paramètres suivants: les nombres de raisonnements pertinents, d'hypothèses pertinentes et de vérifications. Les tests de Student réalisés entre ces deux groupes ont révélé des différences statistiquement significatives pour ces paramètres. Les tests de corrélation de Pearson effectués sur l'intégralité de l'effectif (n=64) ont confirmé ces résultats. De plus, le score de connaissances théoriques portant sur des sujets abordés dans la vignette proposée était corrélé à la justesse diagnostique et au rang de classement universitaire, ces derniers étant eux-mêmes corrélés entre eux.

DISCUSSION: Cette première évaluation de la méthode proposée présente un intérêt avant tout analytique, spécifique de la vignette choisie et de ce fait mériterait d'être poursuivie à partir d'autres situations cliniques. Les possibilités de rendus synthétiques et graphiques facilitant la comparaison de groupes ouvrent des perspectives d'accompagnement pédagogique. Ainsi RAIMED pourrait constituer un moyen d'aide à l'évaluation formative des étudiants et assister les enseignants dans le choix de leur support de cours. Le critère de justesse diagnostique étant corrélé à la réussite au QCM de connaissances et au classement académique, la validité du choix des groupes comparés s'en trouve renforcée. L'utilisation de l'interface informatique lors de la résolution du problème diagnostique écrit a révélé certaines contraintes, qui pourraient être levées en ayant recours à des consultations simulées standardisées filmées et secondairement intégrées à l'application.

MOTS-CLÉS

Raisonnement clinique. Simulation numérique. Pédagogie médicale.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	9
LISTE DES ABRÉVIATIONS	10
INTRODUCTION	11
Partie 1 : Préambule	11
Partie 2 : Formalisations du raisonnement diagnostique initial (RDI)	13
I. Quelles sont les bases historiques du RDI?	13
A. Première rationalisation du raisonnement apportée par des philosophes de l'Antiquité	13
B. Évolutions du RDI au cours de l'époque moderne	14
C. Évolutions du RDI au cours de l'époque contemporaine	16
II. Quels sont les processus du RDI actuellement identifiés?	24
A. Modélisation des processus du raisonnement clinique d'après Charlin et coll.	24
B. Description des différents types de raisonnement appliqués au RDI	27
C. Différents modes de RDI peuvent être utilisés lors de la résolution d'un problème clinique	31
D. L'approche bayésienne décrit notre heuristique pour déterminer l'hypothèse la plus probable	34
III. Biais cognitifs et influence du type de raisonnement sur les erreurs diagnostiques	38
A. Les biais cognitifs	38
B. Biais pouvant survenir lors de l'utilisation du raisonnement non-analytique	41
C. Biais pouvant survenir lors de l'utilisation d'un raisonnement inductif	41
D. Biais pouvant survenir en cas de raisonnement hypothético-déductif	41
E. Comment limiter l'influence des biais cognitifs?	42
Partie 3 : Comment l'apprentissage influence-t-il le raisonnement diagnostique initial?	43
I. Les substrats de l'apprentissage et de la mémorisation	43
A. La mémoire repose sur des réseaux de neurones	43
B. Synthèse des différents facteurs influençant la mémorisation	46
II. L'organisation des connaissances (indexation) permet l'accès aux informations nécessaires à la résolution du problème clinique	47
A. Indexation par compilation de cas cliniques	47
B. Organisation des connaissances par catégorisation	48
C. Organisation des connaissances fondée sur des organigrammes logiques	51
Partie 4: Comment peut-on analyser le raisonnement diagnostique initial?	52
I. Evaluation des connaissances théoriques:	52
A. Evaluation du mode d'apprentissage des connaissances théoriques	52
B. Comment peut-on analyser les connaissances théoriques d'un étudiant ?	52
II. Analyse du RDI lors de la résolution d'un problème clinique simulé par écrit	55
A. QRM et QRU au cours d'un dossier clinique progressif (DCP)	55
B. Questions à réponse ouverte courte (QROC) au cours d'un dossier clinique progressif	55
C. L'examen par éléments clés ou Key Features Problems (KFP)	56
D. Questions de planification clinique (QPC)	56
E. Test de concordance de script (TCS)	57
F. Questionnaire d'analyse des stratégies de résolution de problèmes	58
G. Raisonnement à voix haute lors de la résolution d'un cas simulé à l'écrit	59

III. Méthodes d'analyse du RDI lors de la résolution d'un problème clinique en consultation (simulée ou réelle)-----	62
A. Evaluation formative des étudiants lors des stages cliniques-----	62
B. Evaluation du RDI au moyen de consultations simulées-----	65
C. Evaluation formative au cours de sessions d'ARC (apprentissage du raisonnement clinique):----	67
OBJECTIFS-----	68
MÉTHODES :-----	69
I. Conception d'une application d'analyse des processus du RDI appelée RAIMED-----	70
A. Préparation et codage d'un problème clinique-----	70
B. Recueil des données du RDI lors de la résolution du problème-----	72
C. Codage des diagnostics et proposition d'un scénario-----	78
D. Un recueil facultatif de données supplémentaires-----	80
II. Un groupe d'étudiants préparés pour l'évaluation de RAIMED-----	81
A. Population d'étudiants concernés-----	81
B. Une formation des étudiants préalable à l'évaluation de l'application-----	81
III. Déroulement de la séance réalisée pour évaluer RAIMED-----	83
A. Installation et identification des étudiants par leur numéro d'ordinateur-----	83
B. Évaluation du type d'apprentissage-----	83
C. Phase de résolution de la vignette clinique avec RAIMED-----	84
D. Evaluation des connaissances théoriques par QCM-----	84
E. Phase de codage et de scénarisation-----	84
F. Une correction des processus du RDI assistée par RAIMED-----	84
IV. Exploitation des données concernant les processus du RDI obtenus lors de la séance-----	86
A. Calcul de paramètres du RDI à partir des données obtenues-----	86
B. Présentation des résultats obtenus-----	88
V. Critères permettant de valider les processus du RDI proposés-----	91
A. Le score de justesse diagnostique, le critère d'évaluation de la performance-----	91
B. Score relatif au questionnaire d'apprentissage de la sémiologie-----	91
C. Connaissances théoriques:-----	92
VI. Tests statistiques réalisés-----	93
RÉSULTATS-----	94
I. Données recueillies-----	94
A. Le score de justesse diagnostique:-----	94
B. Description séquentielle du raisonnement-----	95
C. Distribution des variables-----	96
II. Résultats des tests statistiques-----	98
A. Comparaison des groupes ayant un score de justesse diagnostique de 0 et de 3-----	98
B. Comparaisons des radars des groupes ayant un score de justesse diagnostique de 0 et de 3-----	99
C. Test de corrélation de Pearson entre chaque variable et la justesse diagnostique-----	100
III. Dépendance des variables entres elles-----	103
A. Diagramme en couleur des coefficients de corrélation-----	103
B. Analyse en composante principale (ACP)-----	104
DISCUSSION-----	106
BIBLIOGRAPHIE-----	113

ANNEXES	118
Annexe 1: Traduction du questionnaire de Biggs: Revised two-factor Study Process Questionnaire (R-SPQ-2F) (55,56):	118
Annexe 2 : Questionnaire sur le type d'apprentissage de la sémiologie (utilisé dans notre étude)	120
Annexe 3 : La vignette clinique utilisée pour l'évaluation de RAIMED	122
Annexe 4 : Onglet de catégorisation	124
Annexe 5 : Onglet permettant d'émettre des hypothèses	125
Annexe 6 : Première vignette d'entraînement à l'utilisation de RAIMED	126
Annexe 7 : Deuxième vignette d'entraînement à l'utilisation de RAIMED	127
Annexe 8 : QCM évaluant les connaissances en lien avec la vignette clinique utilisée pour l'évaluation de RAIMED	129
Annexe 9 : Paramètres du RDI calculés avec RAIMED	132
Annexe 10 : Tests statistiques réalisés	134
Annexe 11 : Description séquentielle du RDI d'une étudiante	136
Annexe 12 : Pyramide de Miller des différents niveaux de l'évaluation clinique (84)	143

LISTE DES FIGURES

- **Figure 1 : Le modèle révisé de l'EBM (evidence-based medicine ou médecine fondée sur les preuves) (3)**
- **Figure 2 : Le sablier de la démarche clinique (sablier de Boissault) (4)**
- **Figure 3 : La position centrale du rationalisme appliqué selon Gaston Bachelard (16)**
- **Figure 4 : Schéma d'une architecture cognitive pour les activités mentales, d'après Jean-François Richard (17)**
- **Figure 5 : La modélisation par objets typés (MOT), un langage de représentation des connaissances. Légende des figures 6 et 7, d'après Charlin et coll. (18)**
- **Figure 6 : Processus de raisonnement clinique - Modèle principal (18)**
- **Figure 7 : Catégoriser pour décider de l'action (18)**
- **Figure 8 : Représentation d'un raisonnement inductif pur (un problème bien construit est un problème résolu), d'après Pottier et Planchon (19)**
- **Figure 9 : Représentation d'un raisonnement hypothético-déductif pur (génération immédiate d'hypothèse puis déduction), d'après Pottier et Planchon (19)**
- **Figure 10 : Représentation d'un raisonnement analytique associant induction et déduction, d'après Pottier et Planchon (19)**
- **Figure 11 : Schéma simplifié des processus du raisonnement analytique**
- **Figure 12 : Raisonnement clinique selon une approche analytique (5)**
- **Figure 13 : Raisonnement clinique selon une approche non analytique (5)**
- **Figure 14 : Représentation d'un raisonnement mixte, associant des processus analytiques et non-analytiques, d'après Pottier et Planchon (19)**
- **Figure 15 Deux processus de raisonnement clinique (25)**
- **Figure 16 : Théorie du continuum cognitif, d'après Custers et coll. (29)**
- **Figure 17 : Nomogramme de Fagan (31,32)**
- **Figure 18 : Probabilités pré-test du score de Mac Isaac (33)**
- **Figure 19 : Le score de Wells, un score de probabilité clinique d'embolie pulmonaire (EP) (probabilité pré-test) (34,35)**
- **Figure 20 : Evaluation de la probabilité du diagnostic d'embolie pulmonaire, d'après le collège des enseignants de pneumologie (35)**
- **Figure 21 : Exemple de script clinique: la thrombophlébite cérébrale (19)**
- **Figure 22 : Exemple d'un syndrome anatomique : le syndrome de Brown-Séquard, une compression médullaire atteignant une partie de la moelle spinale (52)**
- **Figure 23 : Exemple d'organigramme logique : céphalée aiguë fébrile (19)**
- **Figure 24 : Illustration de QPC (questions de planification clinique), d'après Renaud et coll. (61)**
- **Figure 25 : Exemple d'un TCS destiné à des internes en urologie (63)**
- **Figure 26 : Carte conceptuelle permettant l'évaluation des connaissances d'un étudiant sur les crises convulsives (65)**
- **Figure 27 : Carte conceptuelle permettant de représenter le RDI d'un clinicien (66)**
- **Figure 28 : Illustration d'une carte procédurale représentant le RDI d'un étudiant en 3e année de médecine (67)**
- **Figure 29 : Étapes de la démarche de diagnostic pédagogique (69)**

- **Figure 30 : Séparation de l'application RAIMED en deux onglets. A gauche la sélection des données. A droite les types de raisonnement.**
- **Figure 31 : Onglet de sélection des données utiles pour le raisonnement**
- **Figure 32 : Onglet de création d'interprétations de données**
- **Figure 33 : Menu de choix du type de vérification**
- **Figure 34 : Onglet de vérification des hypothèses**
- **Figure 35 : Menu permettant d'indiquer si une nouvelle donnée a été recherchée**
- **Figure 36 : Accès au codage et à la scénarisation**
- **Figure 37 : Outil de codage des diagnostics**
- **Figure 38 : Proposition d'un scénario**
- **Figure 39 : Exemple d'une question de connaissance intégrée à RAIMED**
- **Figure 40 : Illustration de la correction avec une hypothèse pertinente émise à l'étape 3**
- **Figure 41 : Illustration d'un engramme**
- **Figure 42 : Illustration d'un diagramme en toile d'araignée**
- **Figure 43 : Exemple d'engrammes n°1 : Séquences de raisonnements présentant des nœuds discriminants d'un étudiant ayant une justesse diagnostique de 3**
- **Figure 44 : Exemple d'engrammes n°2 : Séquences de raisonnements pertinents d'un étudiant ayant une justesse diagnostique de 3**
- **Figure 45 : Exemple d'engrammes n°3 : Séquence de raisonnement erroné d'un étudiant ayant un score de justesse diagnostique de 0**
- **Figure 46 : Répartition des variables quantitatives**
- **Figure 47 : Comparant des radars selon le score de justesse diagnostique (0 ou 3)**
- **Figure 48 : Diagramme de Bland Altman illustrant la corrélation entre le taux de raisonnements déductifs et le nombre de diagnostics réalisés**
- **Figure 49 : Diagramme représentant la corrélation des variables entre-elles**
- **Figure 50 : Cercle de corrélation de l'analyse en composante principale**
- **Figure 51 : Onglet de création de catégories**
- **Figure 52 : Onglet de génération des hypothèses**
- **Figure 53 : Photos associées à la 2e vignette clinique d'entraînement**
- **Figure 54 : Pyramide des niveaux de l'évaluation clinique, d'après Miller (84)**

LISTE DES TABLEAUX

- **Tableau 1 : Exemple de question à réponse ouverte courte (QROC)**
- **Tableau 2 : Répartition des effectifs selon le score de justesse diagnostique**
- **Tableau 3 : Répartition des diagnostics réalisés**
- **Tableau 4 : Comparaison des groupes ayant une justesse diagnostique de 0 et de 3**
- **Tableau 5 : Corrélations entre chaque variable et la justesse diagnostique**

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACP : analyse en composante principale
BU : bandelette urinaire
CA : catégorie
DCP : dossier clinique progressif
DFGSM3 : diplôme de formation général en sciences médicales, 3e année de médecine
DP : diagnostic principal
DS : diagnostic secondaire
ECNi : épreuves classantes nationales informatisées (concours de 6e année entre 2018 et 2022)
ECNnf : épreuves classantes nationales nouvelle formule (concours de 6e année en juin 2023)
EDN : épreuves dématérialisées nationales (concours de 6e année à partir d'octobre 2023)
EP : embolie pulmonaire
HTA : hypertension artérielle
HY : hypothèse
ICD : insuffisance cardiaque droite
IN : interprétation
KFP : Key features problems (examens par éléments clés)
OMI : œdèmes des membres inférieurs
ORAM : enseignement Optionnel d'entraînement au RAisonnement Médical
Q1 : premier quartile
Q3 : troisième quartile
QPC : questions de planification clinique
QRM : questions à réponses multiples
QROC : question à réponse ouverte courte
QRPL : question à nombre de réponses précisé parmi une longue liste de proposition
QRU : question à réponse unique
QZP : question "zone à pointer"
R-SPQ-2F : Revised two-factor Study Process Questionnaire (Biggs)
RDI : raisonnement diagnostique initial
SAP : score d'apprentissage performant
TCF : taux de connaissances fondamentales sur le sujet
TCFA : taux de connaissances fondamentales sur le sujet établi en score absolu
TCS : test de concordance de scripts.
TVP : thrombose veineuse profonde
VE : vérification d'hypothèse

INTRODUCTION

Partie 1 : Préambule

Le terme “médecine” présente une double signification: “science des maladies et art de les soigner”, d’une part la discipline scientifique, d’autre part, l’exercice de la profession du médecin (1). Cette double signification illustre l’étendue de la complexité et la richesse de la pratique médicale professionnelle, mettant en tension la rigueur d’une discipline scientifique et l’état de l’art de la profession du médecin.

Le raisonnement médical est l’ensemble des opérations intellectuelles lors de l’élaboration des connaissances médicales et lors de leur utilisation dans l’exercice de la profession (2). Il permet l’élaboration de l’expertise clinique, qui débute par le symptôme, et débouche, in fine, sur une prise de décision concernant un être humain. Sackett et Haynes définissent l’EBM (evidence-based medicine ou médecine fondée sur les preuves) comme l’utilisation consciencieuse, explicite et judicieuse des meilleures données actuelles de la recherche clinique dans la prise en charge personnalisée de chaque patient. L’expertise clinique dépend notamment de l’état clinique et du contexte du patient, des données de la recherche, et des préférences du patient (figure 1) (3).

L’expertise clinique peut être divisée en plusieurs étapes successives. Le sablier, dit de Boissault, représente la démarche clinique comme la succession de la démarche diagnostique puis de la démarche décisionnelle (figure 2) (4).

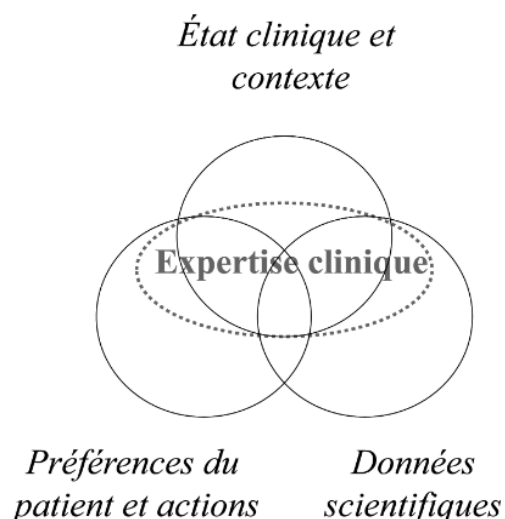


Figure 1 : Le modèle révisé de l’EBM (evidence-based medicine ou médecine fondée sur les preuves) (3)

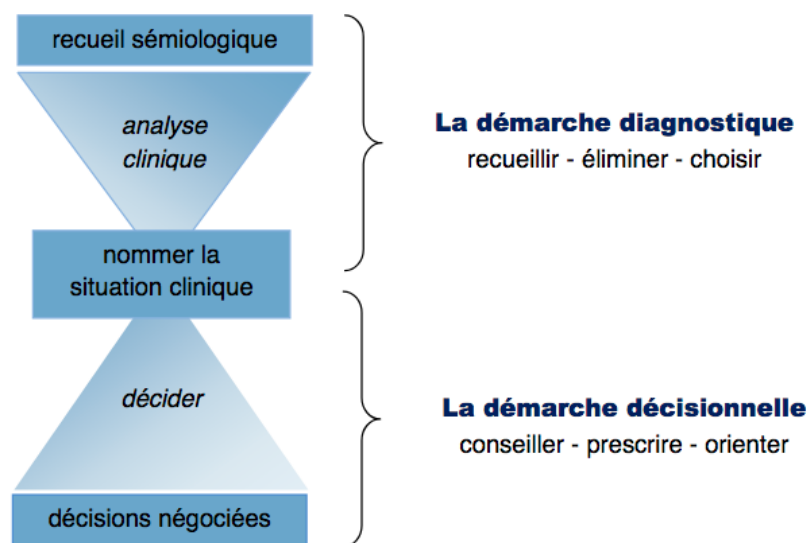


Figure 2 : Le sablier de la démarche clinique (sablier de Boisnault) (4)

La **démarche diagnostique** est la première étape de l'expertise médicale. Cette étape débute par la prise en compte des problèmes d'un patient, pouvant être décrits par lui-même, par sa famille, ou par un professionnel de santé. Grâce à l'analyse clinique des symptômes, la démarche diagnostique permet d'aboutir à une catégorisation de la situation, qui peut prendre différentes formes, telles qu'un ou plusieurs diagnostics cliniques et des diagnostics différentiels, ou bien un diagnostic de situation, ou encore rester à l'état de syndrome ou de symptôme. Selon Eva (5), la démarche diagnostique consiste à considérer chaque élément d'information disponible et à trouver l'explication la plus plausible pour l'ensemble du tableau. Cette démarche comprend la représentation initiale du problème à partir de la collecte des données initiales, la problématisation de la situation clinique qui vise à définir le problème initial, la génération d'hypothèses diagnostiques, la vérification et la hiérarchisation des hypothèses. Ces processus dynamiques de la démarche diagnostique font évoluer la représentation du problème clinique.

La **démarche décisionnelle** est la deuxième étape du raisonnement médical qui, à partir de la représentation du problème, va aboutir à la décision médicale. C'est au cours de cette étape décisionnelle que sont intégrés les préférences du patient, les éléments du contexte clinique qui varient en fonction du type et du lieu d'exercice du médecin (figures 1 et 2).

Pour la suite de ce travail, notre intérêt va se porter uniquement sur la première étape du raisonnement médical, la démarche diagnostique initiale que nous appellerons tout au long de cette thèse le raisonnement diagnostique initial (RDI). Le RDI ainsi défini ne dépend ni du type d'exercice médical, ni des préférences du patient.

Partie 2 : Formalisations du raisonnement diagnostique initial (RDI)

Nous allons développer dans cette partie, d'abord les bases historiques ayant influencé le RDI (I), puis la description de ses processus actuellement identifiés (II) et enfin les biais cognitifs influençant le raisonnement (III).

I. Quelles sont les bases historiques du RDI?

Les évolutions du corpus des connaissances médicales, que ce soit en anatomie, en clinique, en physiopathologie ou pour les sciences appliquées à la médecine, ont influencé le raisonnement médical. C'est le cas notamment de travaux de philosophes de l'antiquité et de l'époque moderne, puis de ceux de médecins et philosophes contemporains.

A. Première rationalisation du raisonnement apportée par des philosophes de l'Antiquité

Le point de départ d'une rationalisation de la médecine peut être attribué aux médecins de la Grèce antique. En effet, des descriptions de nombreuses maladies sont apportées dès le Ve siècle avant J.C., dont la goutte, le paludisme, la lithiase, l'épilepsie (qui portait antérieurement le nom de "mal sacré") (2).

Hippocrate a apporté les premières réflexions sur la validité des jugements (2). Il a également développé un raisonnement basé sur les signes cliniques:

« Il faut que celui qui désire pronostiquer avec sûreté quels malades guériront et quels mourront, chez lesquels la maladie sera longue ou chez lesquels la maladie sera courte, juge de la valeur de tous les signes qui se manifestent, en calculant leur puissance comparative, ainsi qu'il a été fait pour tous, et en particulier pour ceux fournis par les urines et les crachats, quand, par exemple, l'expectoration est à la fois bilieuse et purulente » (6).

Par ailleurs, il prône une approche holistique qui tient compte du patient dans son ensemble, y compris sa personnalité, son mode de vie et son environnement. Dans ce modèle, la maladie est fonctionnelle, considérée comme bénéfique car permet la prise de conscience du déséquilibre par l'individu (7). L'holisme est actuellement considéré comme complémentaire du modèle biomédical. Seul ce dernier sera développé dans la suite de ce travail.

Au IV^e siècle avant J.C., **Platon** puis son élève **Aristote** ont posé les bases de conceptualisation du raisonnement. En effet, le raisonnement déductif est formalisé par Aristote sous la forme du **syllogisme**, qui stipule que si certaines propositions sont acquises (vraies ou fausses), d'autres, qui en sont les conséquences, le seront également (8). La célèbre citation de Platon l'illustre :

« Tous les hommes sont mortels ; or Socrate est un homme ; donc Socrate est mortel » (9).

Au II^e siècle, **Galien** a mis en avant l'importance de l'observation clinique, de la logique et de la raison dans la pratique médicale. Il a également souligné l'importance de la compréhension des mécanismes physiologiques du corps humain pour un raisonnement clinique efficace (10). Pour ce faire, il a pratiqué des expérimentations animales (sections nerveuses) (2).

Ainsi, nous avons vu que des bases conceptuelles du raisonnement ont été apportées par les philosophes et médecins de l'Antiquité.

B. Évolutions du RDI au cours de l'époque moderne

Nous passons de l'Antiquité au XVII^e siècle pour développer les avancées majeures ayant influencé le RDI lors de l'époque moderne. Au cours de cette période, deux grands courants épistémologiques s'affrontent : le rationalisme (la raison est à l'origine de la connaissance et du savoir scientifique) et l'empirisme (l'observation est la source première du savoir scientifique).

Certaines avancées techniques ont eu une influence indirecte sur le RDI en faisant évoluer le corpus des connaissances médicales. Malpighi découvre les cellules au microscope au XVII^e siècle. Morgagni, Scarpa et d'autres chirurgiens enrichissent les connaissances en anatomie avec l'anatomie pathologique et l'étude des voies d'abord chirurgicales au XVIII^e siècle (2).

Descartes, philosophe et mathématicien français du XVII^e siècle, dans son ouvrage *Discours de la méthode*, a proposé une méthode de pensée rationnelle et systématique visant à éliminer les préjugés et les erreurs de raisonnement (11). Cette méthode, connue sous le nom de "**méthode cartésienne**", est basée sur la division de chaque question en parties plus simples, sur l'analyse de chaque partie et sur la synthèse des résultats permettant de conclure. Descartes a influencé le raisonnement clinique par sa remise en question des connaissances acquises en proposant quatre préceptes qu'il exprime ainsi:

« Le premier était de ne recevoir jamais aucune chose pour vraie, que je ne la connusse évidemment être telle: c'est-à-dire, d'éviter soigneusement la précipitation et la prévention ; et de ne comprendre rien de plus en mes jugements, que ce qui se présenterait si clairement et si distinctement à mon esprit, que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute.

Le second, de diviser chacune des difficultés que j'examinerais en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre.

Le troisième, de conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu, comme par degrés, jusques à la connaissance des plus composés ; et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres.

Et le dernier, de faire partout des dénombrements si entiers, et des revues si générales, que je fusse assuré de ne rien omettre. » (11).

Ainsi, avec sa première règle, Descartes indique ne rien recevoir sans examen, ni admettre comme vérité que ce qui résiste au doute. Par “*éviter la prévention*”, il indique d’éviter d’avoir des préjugés; ce qui suppose d’avoir le temps d’examiner, donc d’éviter la précipitation. Pour lui, l’idée vraie est l’idée claire et distincte, « *l’idée dont l’esprit ne peut pas plus douter qu’il ne peut douter de lui-même* », qu’il nomme le “*cogito*”.

Sa deuxième règle indique que pour résoudre un problème, il faut le décomposer en tous ses éléments constitutifs.

Sa troisième indique de résoudre les éléments décomposés en progressant du plus simple au plus complexe.

Enfin, la dernière indique de parcourir la suite des jugements dans l’ordre de manière à vérifier qu’aucun élément de la déduction n’a été oublié.

Au total, selon Descartes, le raisonnement et la remise en question méthodique du savoir devraient permettre de découvrir la vérité en éliminant les idées fausses ou incertaines induites par une observation première non guidée par la raison. Sa méthode de résolution de problème en procédant par l’analyse stratifiée de tous ses constituants élémentaires est basée sur le postulat selon lequel “le tout est la somme des parties”, qui a donné naissance au courant dit “structuraliste” dont sont encore nourris nos curriculum de formation dans les facultés de médecine.

A la même époque, **Bacon** (1561-1626), philosophe et homme d’État anglais, prônait également une méthode scientifique pour résoudre les problèmes. Dans son ouvrage *Novum Organum* (12), Bacon a développé une approche inductive de la recherche scientifique, dans laquelle les théories sont dérivées des observations empiriques plutôt que d’être imposées a priori. Selon l’approche baconienne, la connaissance doit être fondée sur des **faits observables**, qui sont recueillis de manière systématique et rigoureuse. Les faits sont ensuite analysés et synthétisés pour produire des généralisations et des théories.

Son approche inductive a pu encourager les médecins à être attentifs aux symptômes et signes cliniques présentés par un patient et à recueillir des données de manière rigoureuse. L’analyse des données et l’identification de tendances devant permettre de conduire le médecin vers le diagnostic.

Ainsi, les philosophes de l’époque moderne ont développé des approches analytiques du raisonnement: Descartes par sa remise en question systématique du savoir au travers de ses quatre préceptes et Bacon par son approche inductive.

C. Évolutions du RDI au cours de l'époque contemporaine

Une synthèse des courants épistémologiques est apportée par Claude Bernard, Karl Popper, Gaston Bachelard et Jean-François Richard au cours de l'époque contemporaine.

Au XIX^e siècle, **Claude Bernard**, physiologiste, biochimiste et médecin, a apporté une contribution majeure à la formalisation du raisonnement médical en appliquant une méthode scientifique au raisonnement clinique. Claude Bernard a souligné que la médecine devait être fondée sur des faits objectifs plutôt que sur des spéculations ou des théories préconçues. Il a encouragé les médecins à utiliser une méthode scientifique pour établir des faits expérimentaux et les appliquer à la pratique médicale:

« Le raisonnement sera toujours juste quand il s'exercera sur des notions exactes et sur des faits précis, mais il ne pourra conduire qu'à l'erreur toutes les fois que les notions ou les faits sur lesquels il s'appuie seront primitivement entachés d'erreur ou d'inexactitude » (13) (p.8).

Il a précisé son propos en définissant le rôle de l'investigateur de la façon suivante:

« l'investigateur cherche et conclut ; il comprend l'observateur et l'expérimentateur [...] l'expérimentateur est celui qui invoque ou provoque, dans des conditions déterminées, des faits d'observations pour en tirer l'enseignement qu'il désire, c'est-à-dire l'expérience. L'observateur est celui qui obtient les faits d'observation et qui juge s'ils sont bien établis et constatés à l'aide de moyen convenable. Sans cela, les conclusions basées sur ces faits seraient sans fondement solide. C'est ainsi que l'expérimentateur doit être en même temps bon observateur, et que dans la méthode expérimentale, l'expérience et l'observation marchent toujours de front. » (13)(p. 38- 39).

Claude Bernard défend l'intégration du **raisonnement déductif** aux sciences naturelles, qui étaient jusqu'à lors majoritairement abordées au travers du raisonnement inductif. Il oppose ce dernier, qu'il définit comme *« la forme investigative ou interrogative qu'emploie l'homme qui ne sait pas et qui veut s'instruire »* à la déduction qui est selon lui *« la forme démonstrative ou affirmative qu'emploie l'homme qui sait ou croit savoir, et qui veut instruire les autres »*.

Dans son ouvrage *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, il défend ainsi l'intégration de la déduction aux sciences naturelles :

« Les philosophes paraissent avoir distingué ces deux formes de raisonnement sous les noms de raisonnement inductif et de raisonnement déductif. Ils ont encore admis deux méthodes scientifiques, la méthode inductive ou l'induction, propre aux sciences physiques expérimentales, et la méthode déductive ou déduction, appartenant plus spécialement aux sciences mathématiques.

Il résulterait de là que la forme spéciale du raisonnement expérimental dont nous devons seulement nous occuper ici serait l'induction.

On définit l'induction en disant que c'est un procédé de l'esprit qui va du particulier au général, tandis que la déduction serait le procédé inverse qui irait du général au particulier. Je n'ai certainement pas la prétention d'entrer dans une discussion philosophique qui serait ici hors de sa place et de ma compétence ; seulement en qualité d'expérimentateur, je me bornerai à dire que dans la pratique il me paraît bien difficile de justifier cette distinction et de séparer nettement l'induction de la déduction. Si l'esprit de l'expérimentateur procède ordinairement en partant d'observations particulières pour remonter à des principes, à des lois ou à des propositions générales, il procède aussi nécessairement de ces mêmes propositions générales ou lois pour aller à des faits particuliers qu'il déduit logiquement de ces principes.

[...] Il ne serait pas exact de dire que la déduction n'appartient qu'aux mathématiques et l'induction aux autres sciences exclusivement. Les deux formes de raisonnement investigatif (inductif) et démonstratif (déductif) appartiennent à toutes les sciences possibles, parce que dans toutes les sciences il y a des choses qu'on ne sait pas et d'autres qu'on sait ou qu'on croit savoir.

Les principes ou les théories qui servent de base à une science, quelle qu'elle soit, ne sont pas tombés du ciel ; il a fallu nécessairement y arriver par un raisonnement investigatif, inductif ou interrogatif, comme on voudra l'appeler. Il a fallu d'abord observer quelque chose qui se soit passé au dedans ou au dehors de nous. Dans les sciences, il y a, au point de vue expérimental, des idées qu'on appelle a priori parce qu'elles sont le point de départ d'un raisonnement expérimental, mais au point de vue de l'idéogénèse, ce sont en réalité des idées a posteriori. En un mot, l'induction a dû être la forme de raisonnement primitive et générale, et les idées que les philosophes et les savants prennent constamment pour des idées a priori, ne sont au fond que des idées a posteriori.

Le mathématicien et le naturaliste ne diffèrent pas quand ils vont à la recherche des principes. Les uns et les autres induisent, fond des hypothèses et expérimentent, c'est-à-dire font des tentatives pour vérifier l'exactitude de leurs idées. Mais quand le mathématicien et le naturaliste sont arrivés à leur principes, ils diffèrent complètement alors. En effet, le principe du mathématicien devient absolu, parce qu'il ne s'applique point à la réalité objective telle qu'elle est, mais à des relations de chose considérées dans des conditions extrêmement simples et que le mathématicien choisit et crée en quelque sorte dans son esprit. Or, ayant ainsi la certitude qu'il n'y a pas à faire intervenir dans le raisonnement d'autres conditions que celles qu'il a déterminées, le principe reste absolu, conscient, adéquat à l'esprit, et la déduction logique est également absolue et certaines ; il n'a plus besoin de vérification expérimentale, la logique suffit.

La situation du naturaliste est bien différente ; la proposition générale à laquelle il est arrivé, ou le principe sur lequel il s'appuie, reste relatif et provisoire parce qu'il représente des relations complexes qu'il n'a jamais la certitude de pouvoir connaître toutes. Dès lors, son principe est incertain, puisqu'il est inconscient et non adéquat à l'esprit ; dès lors les déductions, quoique très-logiques, restent toujours douteuses, et il faut nécessairement alors invoquer l'expérience pour contrôler la conclusion de ce rayonnement déductif. Cette différence entre les mathématiciens et les naturalistes est capitale du point de vue de la certitude de leurs principes et des conclusions à en tirer ; mais le mécanisme du raisonnement déductif est exactement le même pour les deux. Tous deux partent d'une proposition ; seulement le mathématicien dit : Ce point de départ étant donné, tel cas particulier en résulte nécessairement. Le naturaliste dit: Si ce point de départ était juste, tel cas particulier en résulterait comme conséquence.

Quand ils partent d'un principe, le mathématicien et le naturaliste emploient donc l'un et l'autre la déduction. Tous deux raisonnent en faisant un syllogisme ; seulement, pour le naturaliste, c'est un syllogisme dont la conclusion reste dubitative et demande vérification, parce que son principe est inconscient. C'est là le raisonnement expérimental ou dubitatif, le seul qu'on puisse employer quand on raisonne sur les phénomènes naturels; si l'on voulait supprimer le doute et si l'on se passait de l'expérience, on n'aurait plus aucun critérium pour savoir si l'on est dans le faux ou dans le vrai, parce que, je le répète, le principe est inconscient et qu'il faut en appeler alors à nos sens.

De tout cela je conclurai que l'induction et la déduction appartiennent à toutes les sciences. Je ne crois pas que l'induction et la déduction constituent réellement deux formes de raisonnement essentiellement distinctes. L'esprit de l'homme a, par nature, le sentiment ou l'idée d'un principe qui régit les cas particuliers. Il procède toujours instinctivement d'un principe qu'il a acquis ou qu'il invente par hypothèse ; mais il ne peut jamais marcher dans les raisonnement autrement que par syllogisme, c'est-à-dire en procédant du général au particulier. » (13) (p. 80-83)

Ainsi, Claude Bernard remet en question la vision établie uniquement inductive des sciences naturelles et propose d'appliquer la méthode déductive issue des mathématiques à la méthode scientifique. Il s'inscrit dans le courant épistémologique dit "positiviste" selon lequel le savoir se développe selon une méthode expérimentale visant à vérifier une hypothèse posée a priori.

Par ses réflexions, Claude Bernard a introduit le concept d'homéostasie, qui est la capacité de l'organisme à maintenir un environnement interne stable malgré les fluctuations des conditions externes. Ce concept a été important pour la compréhension des maladies et des traitements, car il a montré que les maladies sont souvent causées par des perturbations de l'homéostasie et que les traitements doivent être conçus pour restaurer l'équilibre interne de l'organisme.

Son travail a permis des avancées majeures dans la compréhension de certaines maladies telles que le diabète. Plus précisément, il a montré que le foie produit du glucose à partir de glycogène (la forme de stockage du glucose) et le libère dans le sang en réponse à des signaux hormonaux. Chez les personnes atteintes de diabète, il a observé que le foie produisait du glucose en excès. De plus, il a également étudié le rôle du pancréas dans le diabète et a constaté que la destruction de cellules pancréatiques entraînait une hyperglycémie.

Au total, Claude Bernard a soutenu que les hypothèses doivent être testées par l'observation et la vérification expérimentale, et que les résultats expérimentaux doivent être utilisés pour formuler de nouvelles hypothèses. Ses travaux sont encore aujourd'hui des piliers de la médecine scientifique contemporaine.

Par la suite, **Karl Popper**, philosophe des sciences autrichien du XXe siècle, a poursuivi la formalisation de la **méthode hypothético-déductive** en tant que méthode de recherche scientifique en s'appuyant sur les contributions de Francis Bacon, de René Descartes et de Claude Bernard qu'il cite en 1934 dans son ouvrage *Logik der Forschung* :

« Le point de départ de mon propre travail a été l'observation que les théories de Bacon, Descartes et leurs successeurs ne peuvent fournir aucune méthode pour tester des théories, mais seulement des règles pour l'induction. [...] L'essentiel de mon travail consiste à montrer que la méthode empirique se distingue radicalement de la méthode inductive de Bacon et de la méthode hypothético-déductive de Descartes. [...] Je soutiens que la méthode empirique consiste à mettre à l'épreuve des théories plutôt qu'à les confirmer, et que cette méthode a été mise en évidence pour la première fois par la critique de Claude Bernard » (14).

Selon Popper, le raisonnement hypothético-déductif repose sur l'**élaboration d'hypothèses** pouvant être soumises à des tests répétables visant à déterminer leur validité. Les hypothèses doivent être **formulées de manière à pouvoir être testées et réfutées**. Il soutient que les théories scientifiques ne peuvent jamais être prouvées définitivement, mais seulement réfutées; et que la validité, toujours temporaire, d'une théorie est basée sur sa capacité à résister à des tests rigoureux et répétables (15).

Par ailleurs, il critique la méthode clinique, souvent fondée sur des observations et des généralisations non vérifiables, et non soumise à des tests rigoureux. Popper a ainsi préconisé l'utilisation de la méthode hypothético-déductive pour la pratique médicale, dans laquelle les hypothèses sont formulées de manière claire et testable, et les résultats évalués de manière critique. Il reconnaît néanmoins la valeur de la recherche empirique, capable de produire de nouvelles connaissances et des avancées dans la compréhension des maladies et des traitements.

Gaston Bachelard, philosophe et épistémologue français du XXe siècle, a exploré la relation entre l'expérience et les mathématiques, qui sont selon lui deux aspects de la science: l'un technique et l'autre rationnel, au travers de la double question suivante:

« A quelles conditions peut-on rendre raison d'un phénomène précis?

A quelles conditions peut-on apporter des preuves réelles de la validité d'une organisation mathématique de l'expérience physique? » (16) (p.3)

Bachelard a répondu à ces questions en reliant les aspects "abstrait" et "concret" de la science avec la notion de **rationalisme appliqué** :

« En résumé, pas de rationalité à vide, pas d'empirisme décousu, voilà les deux obligations philosophiques qui fondent l'étroite et précise synthèse de la théorie et de l'expérience dans la Physique contemporaine.

*Cette bi-certitude est essentielle. Si l'un des termes manque, on peut bien faire des expériences, on peut bien faire des mathématiques ; on ne participe pas à l'activité scientifique de la science contemporaine. Cette bi-certitude ne peut s'exprimer que par une philosophie à deux mouvements, par un dialogue. [...] Il faut désormais se placer au centre où l'esprit connaissant est déterminé par l'objet précis de sa connaissance et où, en échange, il détermine avec plus de précision son expérience. C'est précisément dans cette position **centrale** que la dialectique de la raison et de la technique trouve son **efficacité**. Nous essaierons de nous installer dans cette position centrale où se manifestent aussi bien un **rationalisme appliqué** qu'un **matérialisme instruit**. Nous insisterons d'ailleurs par la suite sur la puissance d'application de tout rationalisme scientifique, c'est-à-dire de tout rationalisme portant ses preuves de fécondité jusque dans l'organisation de la pensée technique. C'est par ses applications que le rationalisme conquiert ses valeurs objectives. Il ne s'agit donc plus, pour juger la pensée scientifique, de s'appuyer sur un rationalisme formel, abstrait, universel. Il faut atteindre un rationalisme concret, solidaire d'expériences toujours particulières et précises. Il faut aussi que ce rationalisme soit suffisamment **ouvert** pour recevoir de l'expérience des déterminations nouvelles. En vivant d'un peu près cette dialectique, on se convainc de la réalité éminente des **champs de pensée**. Dans ces champs épistémologiques s'échangent les valeurs du rationalisme et de l'experimentalisme » (16).*

Gaston Bachelard suggère que "toutes les philosophies de la connaissance scientifique se mettent en ordre à partir du **rationalisme appliqué**" vers deux pôles qu'il présente comme "deux perspectives de pensées **affaiblies** qui mènent, d'une part, du rationalisme à l'idéalisme naïf et d'autre part, du matérialisme technique au réalisme naïf"(figure 3).

Le rationalisme appliqué est distingué des autres champs de pensée qui présentent tous des écueils. D'une part, le formalisme est présenté comme une philosophie de la connaissance *“qui affaiblit le rôle de l'expérience”*, qui se poursuit par *“un ensemble de conventions, une suite de pensées plus ou moins commodes organisées dans le clair langage des mathématiques”*, et aboutit à l'idéalisme, *“qui ne dépasse pas les limites d'un sensualisme éthéré”* et *“perd toute possibilité de rendre compte de la pensée scientifique moderne”*.

D'autre part, *“au lieu de cette évanescence qui conduit à l'idéalisme, on va trouver une inertie progressive de pensée qui conduit au réalisme, à une conception de la réalité comme synonyme de l'irrationalité. En passant du rationalisme de l'expérience de physique, fortement solidaire de la théorie, au positivisme, il semble qu'on perde tout de suite les principes de la nécessité. [...] En se fondant sur des jugements d'utilité, le positivisme est déjà près de décliner vers le pragmatisme, vers cette poussière de recettes qu'est l'empirisme. [...] Un pas de plus au-delà de l'empirisme qui s'absorbe dans le récit de ses réussites et l'on atteint à cet amas de faits et de choses qui, en encombrant le réalisme, lui donne l'illusion de la richesse.”*(16)

Pour Bachelard, le rationalisme appliqué constitue un *“centre philosophique où se fondent à la fois l'expérience réfléchie et l'invention rationnelle”*, nécessitant d'une part la remise en question des croyances établies par l'observation, l'expérimentation et la réfutation des hypothèses, et d'autre part une ouverture d'esprit permettant l'imagination et la créativité nécessaires pour concevoir de nouvelles théories et hypothèses.

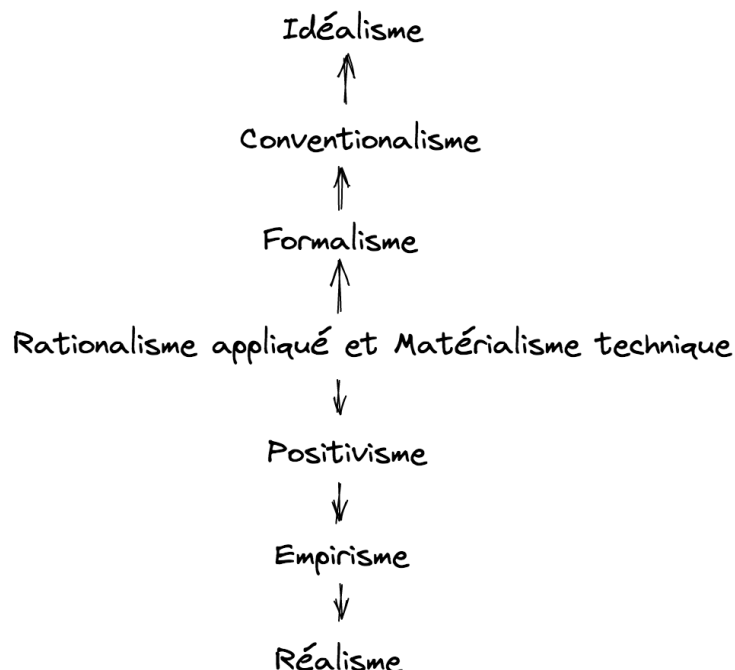


Figure 3 : La position centrale du rationalisme appliqué selon Gaston Bachelard (16)

Jean-François Richard (1932 -), enseignant-chercheur en mathématique-physique et en psychologie à l'Université Paris VIII, propose une approche théorique et conceptuelle du raisonnement au travers de son ouvrage : *Les activités mentales: de l'interprétation de l'information à l'action* (17).

Les **activités mentales** sont les processus permettant d'établir des décisions d'action à partir de l'intégration d'informations d'origines diverses. Elles sont en aval du traitement des informations sensorielles et en amont de la programmation motrice, de l'exécution et du contrôle des mouvements (17). Richard a proposé un schéma simplifié pour représenter l'architecture cognitive des activités mentales (figure 4) (17). Les **représentations** sont le résultat d'interprétations qui concernent d'une part les éléments de la situation (**catégorisation**), et d'autre part de la situation dans son ensemble (**compréhension**). Elles constituent l'ensemble des informations prises en compte pour les traitements ultérieurs : élaboration d'hypothèses d'action, prise de décision, mémorisation d'information (17).

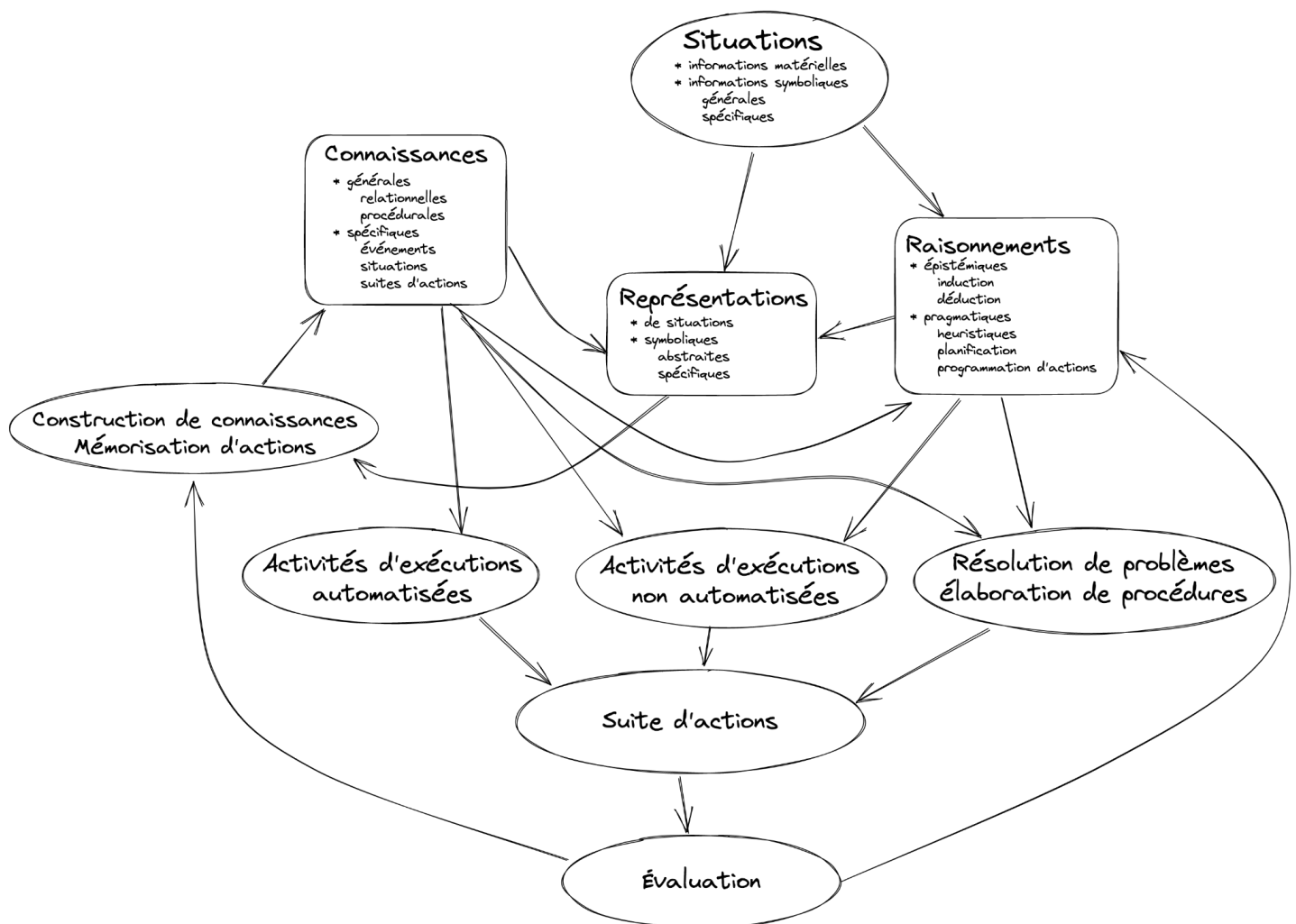


Figure 4 : Schéma d'une architecture cognitive pour les activités mentales, d'après Jean-François Richard (17)

Les moyens à partir desquels se construisent les interprétations sont de trois sortes :

- les structures de connaissance existant en mémoire qui servent de cadre interprétatif
- les inférences concernant les éléments de la situation et la réalisation des actions
- les activités d'évaluation qui permettent de vérifier l'adéquation des actions réalisées aux exigences de la tâche.

Richard définit le **raisonnement** comme la production d'inférences. Il distingue deux types de raisonnements : les raisonnements à visée **épistémique** et les raisonnements à visée **pragmatique**. Les résultats des premiers sont utilisés pour construire des interprétations, alors que les résultats des seconds sont utilisés pour engendrer des objectifs d'action, définir des plans d'action et produire des séquences d'action (17). Il considère le rapport entre le degré de généralité des conclusions par rapport au degré de généralité des prémisses pour distinguer deux formes de raisonnement : ceux dont les conclusions sont plus générales que les prémisses, orientés vers la construction de connaissances et ceux dont les conclusions sont plus spécifiques que les prémisses, orientés vers l'application des connaissances à des contenus particuliers.

Pour lui, la principale qualité d'un raisonnement est son caractère **productif**, c'est à dire qu'il permet d'orienter la recherche ou l'action vers des voies dont la validité n'est pas garantie, mais qui ont de meilleures chances de se rapprocher de la solution que de ne rien faire dans l'attente de nouvelles informations, ou de faire n'importe quoi.

Les **décisions d'action** sont les produits terminaux des activités mentales. Leur élaboration correspond à trois types de tâches:

- des tâches de résolution de problèmes, c'est-à-dire des situations d'élaboration de procédures dans lesquelles cette élaboration dépend de la représentation de la situation
- des tâches d'exécution non automatisées correspondant à des situations pour lesquelles des procédures générales existent en mémoire mais doivent être adaptées au cas particulier, grâce à des raisonnements orientés vers l'action
- des tâches d'exécutions automatisées qui consistent dans la mise en oeuvre de procédures spécifiques

Ainsi, les auteurs cités ont participé à l'élaboration de connaissances sur le raisonnement. Leur travaux ont influencé le RDI, dont les processus actuellement retenus seront développés dans la partie suivante.

II. Quels sont les processus du RDI actuellement identifiés?

Après avoir présenté une modélisation du raisonnement clinique (A) et défini plusieurs types de raisonnement clinique (B), la dichotomie entre les processus analytiques et non-analytiques sera développée (C) et l'approche bayésienne sera décrite (D).

A. Modélisation des processus du raisonnement clinique d'après Charlin et coll.

A partir d'une recherche action participative, **Charlin** et coll. ont établi une modélisation des processus cognitifs du raisonnement clinique appelée "**modèle principal**" (figures 5-7) (18). Ce modèle proposé tient compte de la complexité du raisonnement clinique dans sa globalité, incluant la partie concernant la démarche diagnostique et celle concernant la démarche décisionnelle ainsi que les multiples boucles de rétroaction les concernant. Il intègre également l'approche holistique de régulation du processus par intégration, tout au long du processus, de la perspective du patient à l'égard de son problème et de l'impact du problème sur sa vie. Il s'étend donc au-delà du RDI tel que nous l'avons défini plus haut.

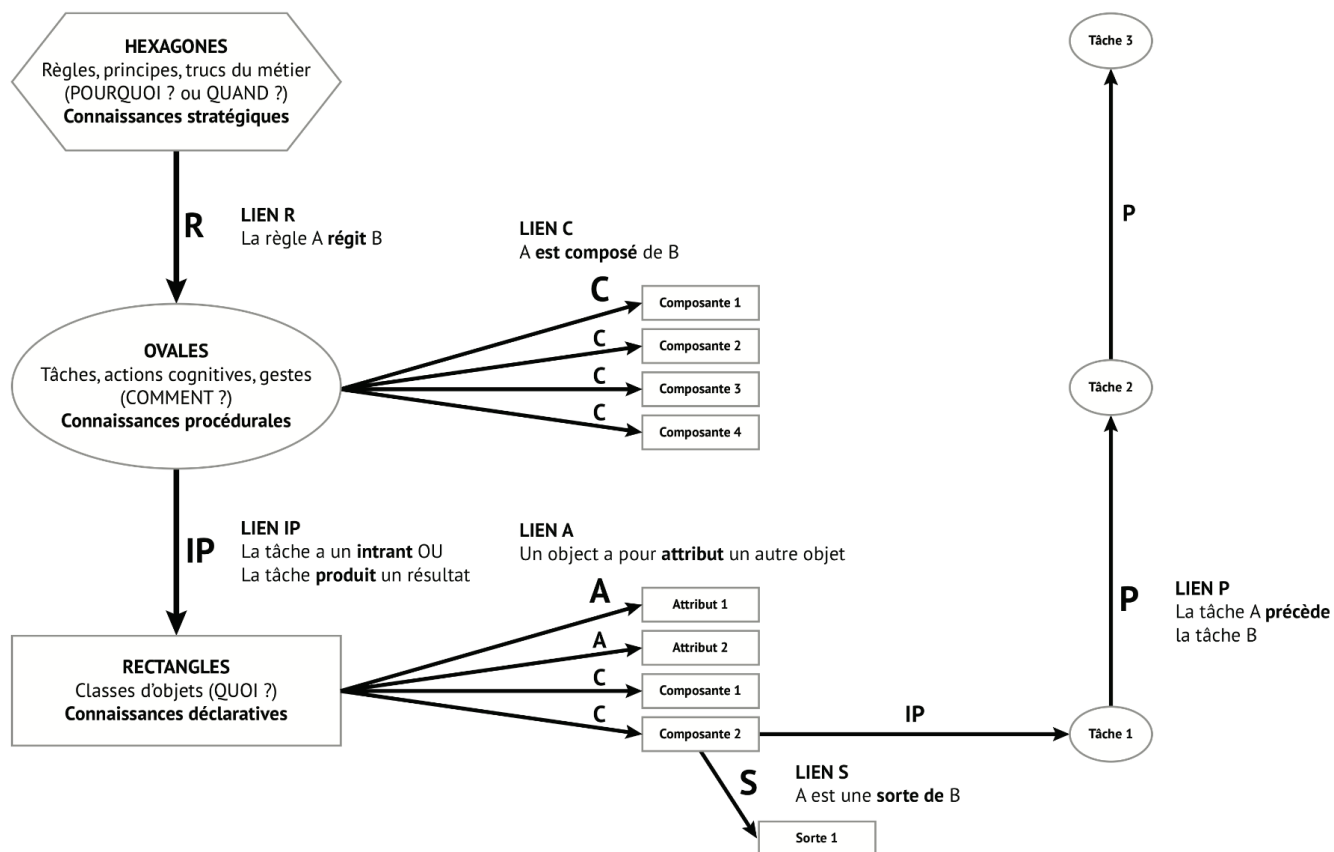
Pour mettre en forme ce modèle, l'équipe de Charlin a utilisé un langage de représentation des connaissances appelé la modélisation par objets typés (MOT) qui permet d'établir une typologie des objets du savoir (connaissances) et des liens entre eux (figure 5) (18). La connaissance est divisée en trois types : déclarative, action et stratégie.

Les connaissances déclaratives sont le "quoi" des choses, les connaissances d'action le "comment" et les connaissances stratégiques le "pourquoi" ou le "quand".

Le modèle principal (figure 6) (18), peut être lu en débutant au milieu à gauche :

"**Patient**" et "**Contexte**" sont intégrés par le médecin qui effectue l'action: "**Identifier les indices dès les premiers instants**" et produit une "**Représentation initiale du problème**". Après avoir déterminé les objectifs de la rencontre, la catégorisation permet de produire une "**Représentation dynamique du problème**". Une vision globale de l'ensemble des processus du raisonnement est ainsi décrite par ce modèle (figure 6).

De plus, les objets pour lesquels une loupe est accolée peuvent être développés. Par exemple, la figure 7 représente la tâche centrale "**Catégoriser pour décider de l'action**" lorsque celle-ci a été développée. Les différents processus de cette action sont décrits, tels que : "Identifier les données pertinentes", "Reconnaître un cas analogue", "S'assurer qu'il n'existe pas d'autres hypothèses explicatives", "Rechercher de façon orientée des données pour infirmer ou confirmer les hypothèses" et "Analyser l'adéquation entre les données et les scripts activés en vue de la catégorisation" (figure 7).



[Retour au modèle principal](#)

Figure 5 : La modélisation par objets typés (MOT), un langage de représentation des connaissances. Légende des figures 6 et 7, d'après Charlin et coll. (18)

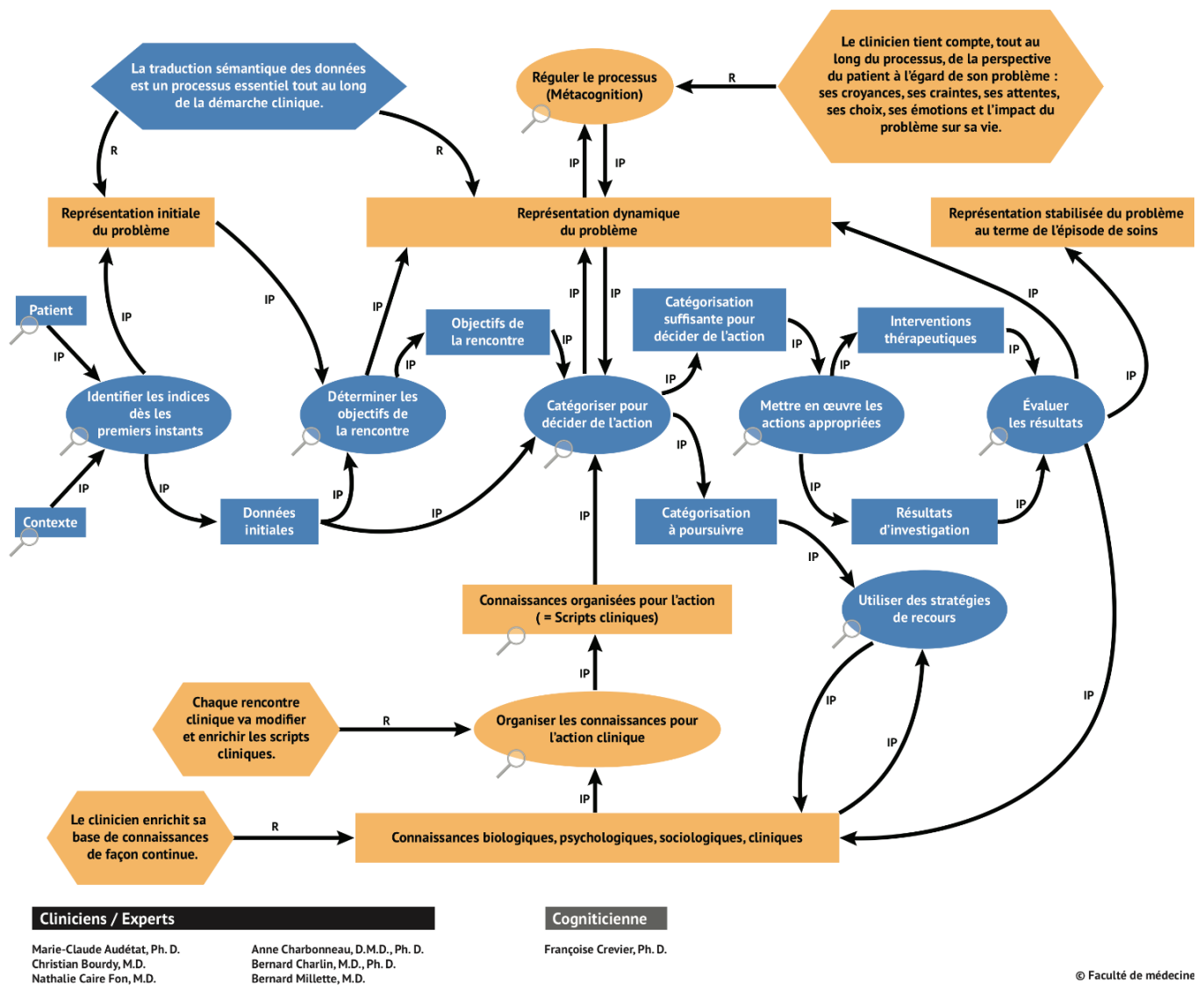
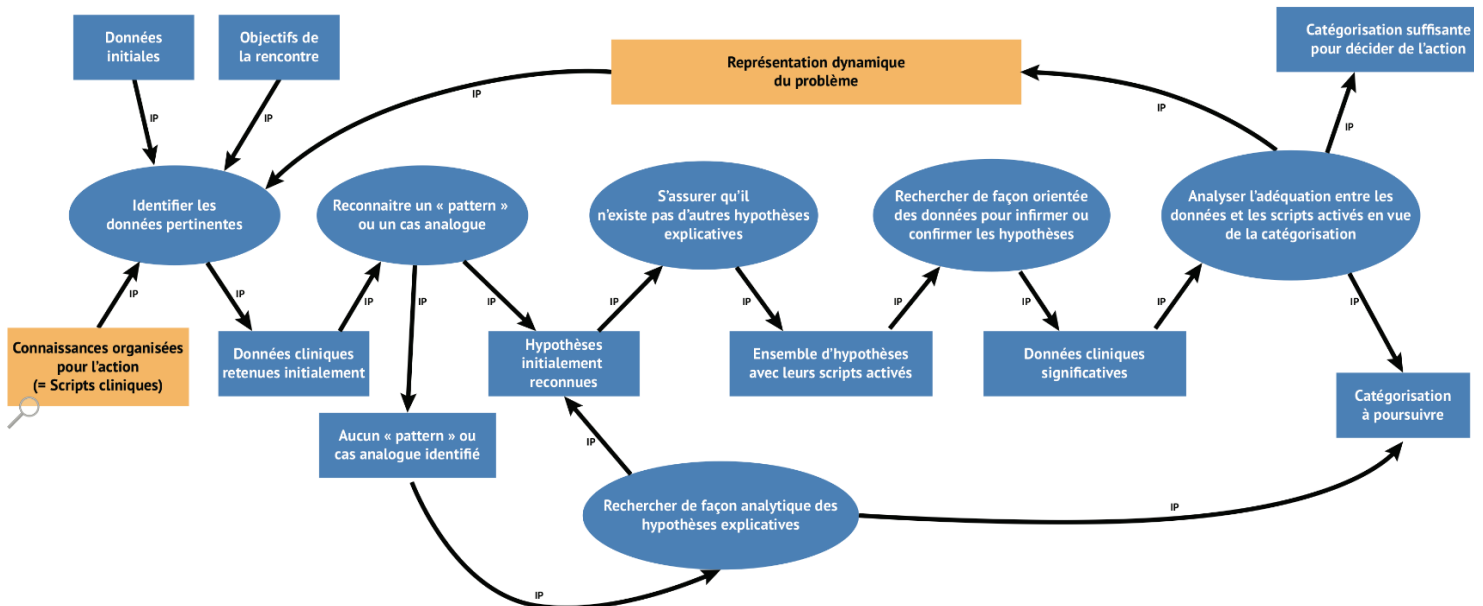


Figure 6 : Processus de raisonnement clinique - Modèle principal (18)



Les différents mécanismes abordés dans cette représentation globale du processus de raisonnement clinique seront développés par la suite. Néanmoins nous soulignons que l'équipe de Charlin définit des éléments clés du RDI, tels que l'identification des données pertinentes, l'utilisation d'une catégorisation des informations et la génération d'hypothèses qui seront ensuite vérifiées. Désormais, les spécificités des différents types de raisonnements diagnostiques vont être abordées.

B. Description des différents types de raisonnement appliqués au RDI

1. Le raisonnement inductif

La phase inductive du RDI débute par le décodage de la plainte du malade, qui peut nécessiter l'interprétation de données cliniques. Par exemple, un médecin devra sûrement demander à son patient de reformuler son expression "j'ai renversé plusieurs fois" pour l'interpréter comme des épisodes de vomissements itératifs. L'interprétation peut être clinique ou biologique. Par exemple, la donnée : "hémoglobine mesurée à 8,5 g/dL", suggère l'interprétation "anémie".

Le raisonnement inductif, consiste à partir d'observations ou de données pour formuler une conclusion générale. Il s'agit d'une méthode d'inférence qui permet de construire le problème clinique.

Selon Pottier et Planchon, le raisonnement inductif comprend la représentation de la plainte du patient, la collecte et l'interprétation des données cliniques et la construction du problème (figure 8) (19).

Deux moyens de colliger les données inductives sont possibles. Le premier nécessite une représentation mentale du problème par le clinicien qui repose sur son expérience, sur des exemples décontextualisés ou des organigrammes préalablement mémorisés. La collecte est alors guidée par la volonté de contraster les données selon des axes sémantiques (céphalée aiguë/chronique, latéralisée/diffuse, etc.) (20,21).

Le deuxième moyen est conditionné par une représentation qui n'émane pas du clinicien. Par exemple, la collecte de données selon un guide d'examen clinique, souvent réalisée par les cliniciens débutants, est effectuée appareil par appareil (examen neurologique, examen thoracique, examen vasculaire, examen abdominal, etc.). Cette méthode systématique de recueil des données entrave la fluidité du raisonnement du clinicien.

Enfin, les données inductives permettent de construire le problème clinique au travers de l'identification des données pertinentes permettant la problématisation de la situation clinique selon des objectifs et des contraintes de résolution (par exemple: ne pas méconnaître une urgence vitale) et selon les conditions et nécessités que la solution doit satisfaire.

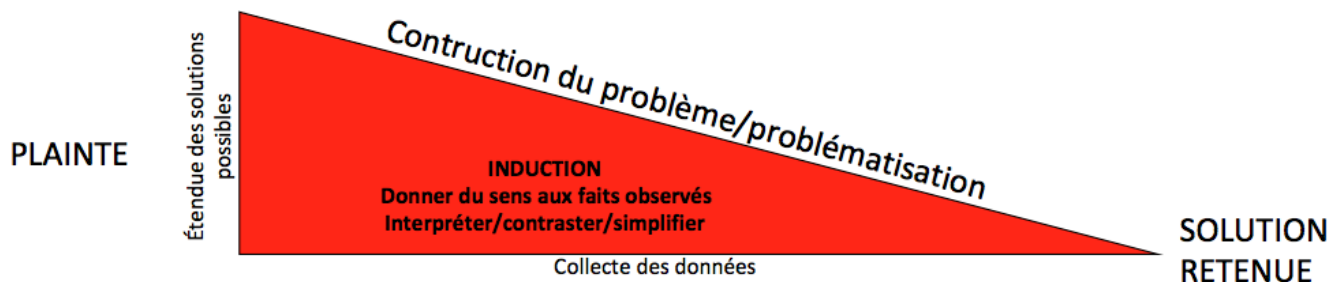


Figure 8 : Représentation d'un raisonnement inductif pur (un problème bien construit est un problème résolu), d'après Pottier et Planchon (19)

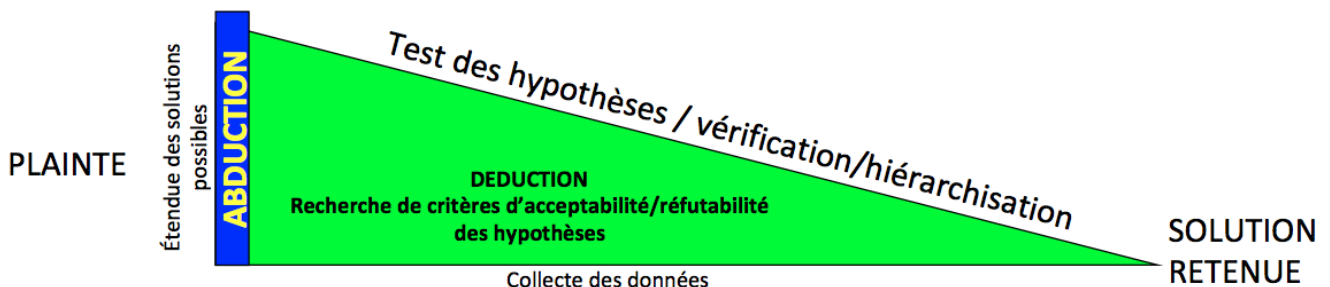
2. Le raisonnement abductif :

Le raisonnement abductif consiste en la formulation d'une hypothèse (ou une série d'hypothèses rapportées à une catégorie, en définissant ainsi les diagnostics différentiels) plausible(s) sur la base de données jugées pertinentes par le clinicien (signes et des symptômes présentés par le patient). Il consiste à rechercher parmi l'ensemble des théories explicatives celles qui conviennent le mieux à la situation (19).

Du latin *abductio*, signifiant emmener (22), cette recherche d'un cadre théorique explicatif peut être considérée comme la première étape du raisonnement hypothético déductif. Le raisonnement abductif peut être illustré par l'exemple suivant: un clinicien ayant identifié un syndrome anémique peut émettre une série d'hypothèses dont "hémorragie digestive haute", "hémolyse aiguë" et "envahissement médullaire".

3. Le raisonnement hypothético-déductif :

Stricto Sensu, ce processus débute lorsqu'une ou plusieurs hypothèses de solutions possibles au problème ont été générées (par l'abduction). La phase déductive consiste alors en la vérification des hypothèses par la collecte de données qui s'effectue par des questions, le plus souvent fermées, appelant une réponse binaire ou par des gestes d'examen orientés recherchant



précisément un signe clinique particulier (figure 9).

Figure 9 : Représentation d'un raisonnement hypothético-déductif pur (génération immédiate d'hypothèses puis déduction), d'après Pottier et Planchon (19)

Par exemple, un clinicien souhaitant vérifier les hypothèses “hémorragie digestive haute”, “hémolyse” et “envahissement médullaire” évoquées devant un syndrome anémique, pourrait penser à réaliser un toucher rectal à la recherche de méléna pour vérifier la première, un dosage de l’haptoglobine plasmatique pour vérifier la deuxième et un myélogramme pour la troisième.

Même si une hiérarchisation des hypothèses en fonction des probabilités estimées a été réalisée, le clinicien doit intégrer les implications de retenir une hypothèse par rapport à une autre, et ne teste pas forcément l’hypothèse la plus probable en premier. Cette réflexion appelée le test mental des hypothèses, intègre ainsi les balances bénéfice/risque et coût/efficacité des différentes possibilités (19).

Pour l’exemple cité, il semblerait pertinent de débiter par la réalisation d’un toucher rectal lors de la consultation, puisque cette vérification est moins invasive que les autres, et permet d’établir un diagnostic accessible à un traitement simple et efficace. Cette vérification est à réaliser avant la ponction de moelle osseuse qui est un geste invasif, plus risqué que le toucher rectal, permettant de retenir des causes graves (hémopathies malignes) générant de l’inquiétude pour les patients, dont les traitements présentent plus d’effets indésirables et une efficacité moindre que ceux de l’hémorragie digestive haute.

4. Association des différents types de raisonnements analytiques

Lors de la résolution de problèmes cliniques, les différents types de processus **analytiques** peuvent être plus ou moins utilisés (figure 10) (19).

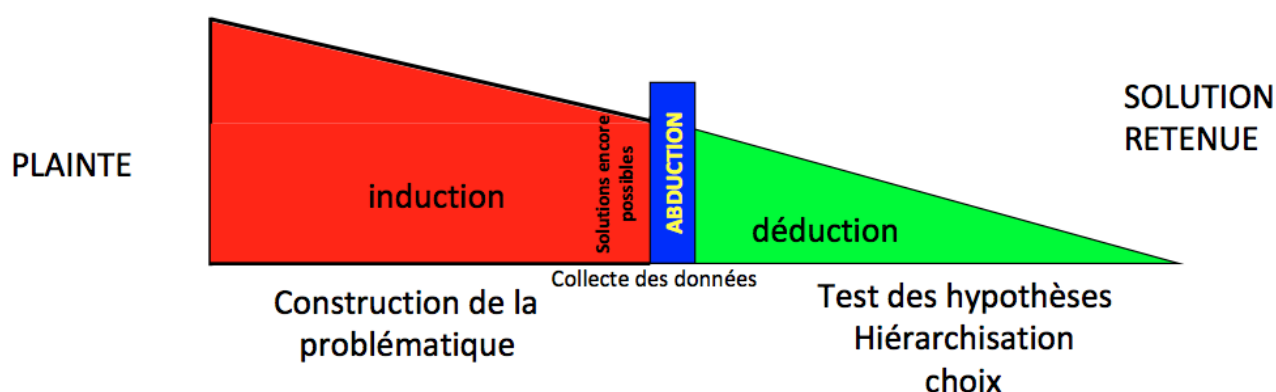


Figure 10 : Représentation d’un raisonnement analytique associant induction et déduction, d’après Pottier et Planchon (19)

5. Synthèse de la formalisation des processus du raisonnement analytique

Une représentation graphique associant les différents types de raisonnements analytiques est proposée (figure 11). Ce schéma permet d'illustrer les stratégies de résolution de problème selon le sens de la démarche diagnostique entre les données du problème et les hypothèses émises.

L'induction est un raisonnement guidé depuis les données vers les hypothèses, qui consiste donc à partir de données observées et sélectionnées. L'interprétation de ces données du problème aboutit à la problématisation, qui permet d'induire la génération d'hypothèses (abduction).

La déduction est un raisonnement conduit à partir des hypothèses, vers les données, qui consiste en la recherche de nouvelles données pour confirmer ou infirmer des hypothèses. La déduction est donc la collecte orientée des données une fois l'hypothèse générée pour en établir sa probabilité (de nulle à certaine), et permet d'aboutir à la hiérarchisation des hypothèses.

Les processus élémentaires clés suivants permettent de décrire le RDI :

- Sélection des données utiles au raisonnement
- Interprétation des données élémentaires
- Catégorisation des informations
- Génération des hypothèses
- Vérification des hypothèses
- Hiérarchisation des hypothèses

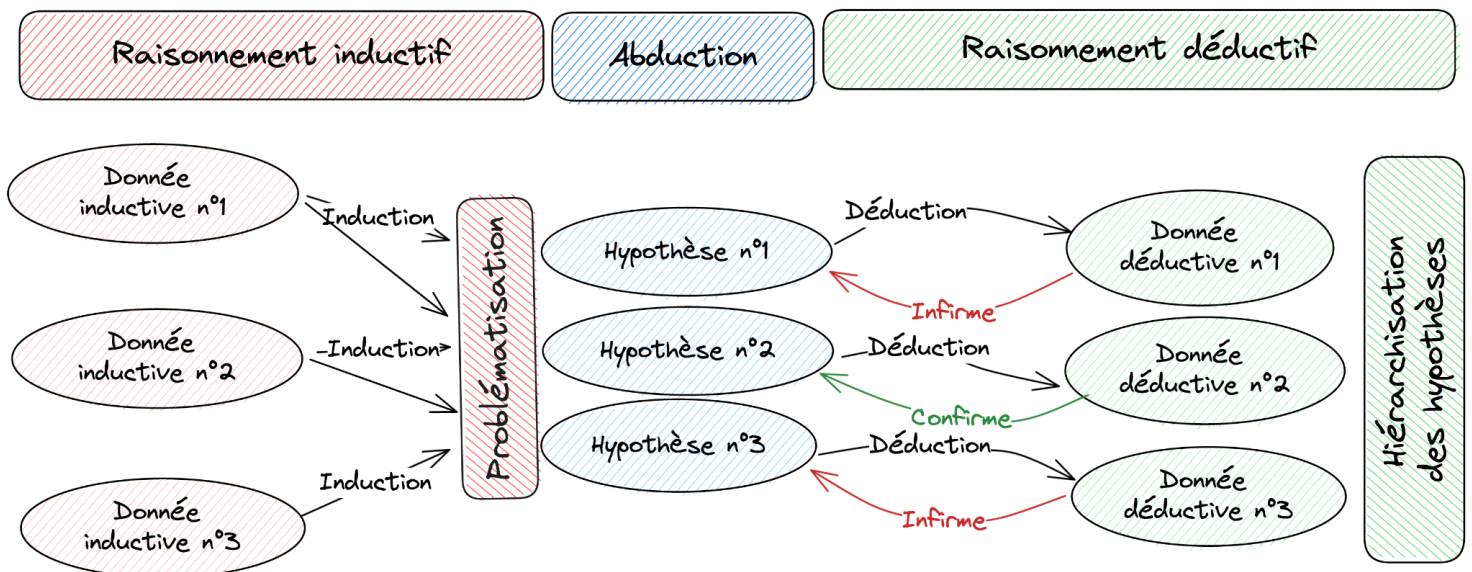


Figure 11 : Schéma simplifié des processus du raisonnement analytique

C. Différents modes de RDI peuvent être utilisés lors de la résolution d'un problème clinique

Actuellement, deux types de RDI sont distingués : le raisonnement analytique (ou raisonnement logique) et le raisonnement non-analytique (ou raisonnement intuitif, encore appelé reconnaissance de forme, reconnaissance de stript, ou “pattern recognition.”).

1. Raisonnement analytique:

Au cœur de cette approche réside le postulat fondamental que des règles causales lient des données (signes et symptômes) et des catégories (diagnostics) (figure 12) (5). Les différents types de raisonnements analytiques ont été détaillés dans la partie précédente (inductif, abductif et hypothético-déductif).

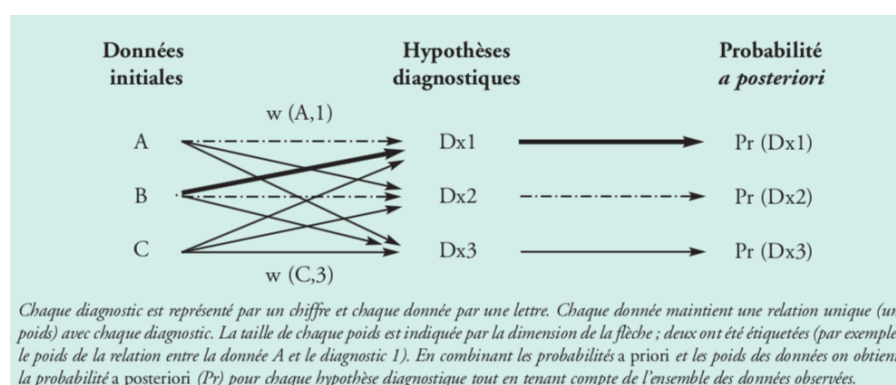


Figure 12 : Raisonnement clinique selon une approche analytique (5)

2. Raisonnement non-analytique

Le raisonnement non-analytique consiste à reconnaître une “forme”, une configuration. Il s’agit essentiellement de comparer le cas présent à des cas vus antérieurement puis d’utiliser ces expériences passées pour évaluer la probabilité que le cas fasse partie d’une catégorie diagnostique (figure 13) (5).

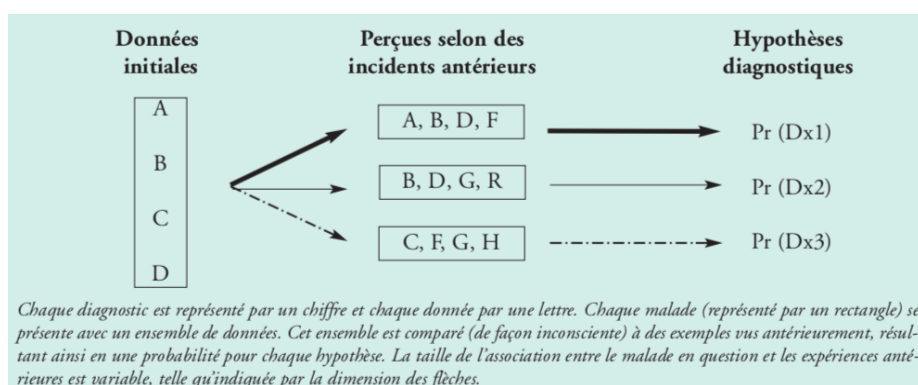


Figure 13 : Raisonnement clinique selon une approche non analytique (5)

3. Théorie du continuum

De nombreux auteurs (5,23–29) s'accordent sur le fait que le raisonnement clinique repose sur l'association de **processus analytiques et non analytiques**.

L'utilisation de ces deux processus peut être illustrée par la figure suivante (19).

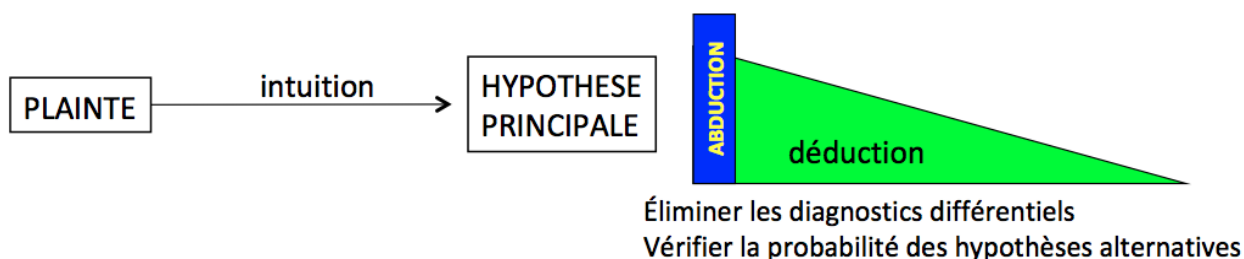


Figure 14 : Représentation d'un raisonnement mixte, associant des processus analytiques et non-analytiques, d'après Pottier et Planchon (19)

Un modèle mixte a également été proposé par Audétat et coll. (figure 15) (25). A gauche de la figure, le processus analytique est représenté. A droite, le processus non analytique. Le processus mixte, situé au centre, est dynamique et caractérisé par l'association des deux.

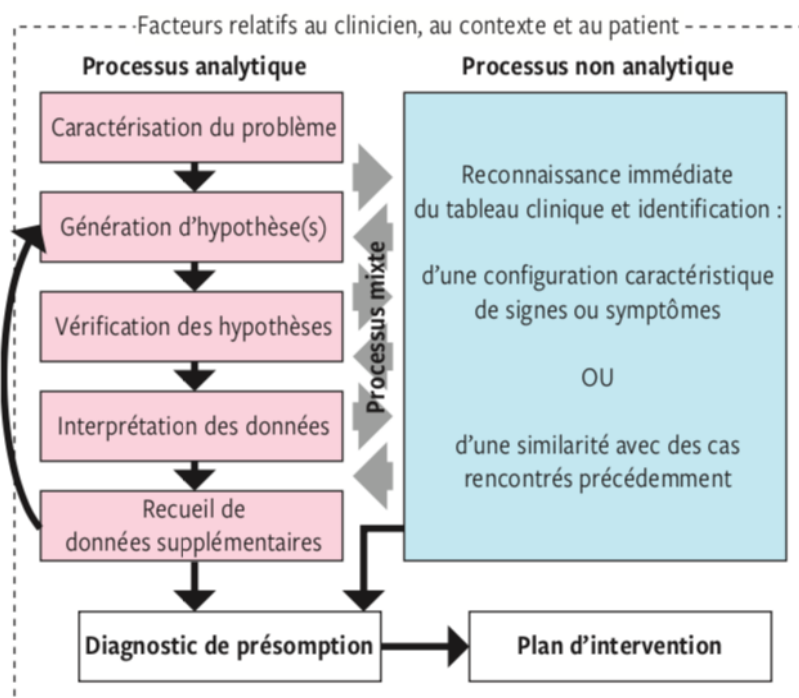
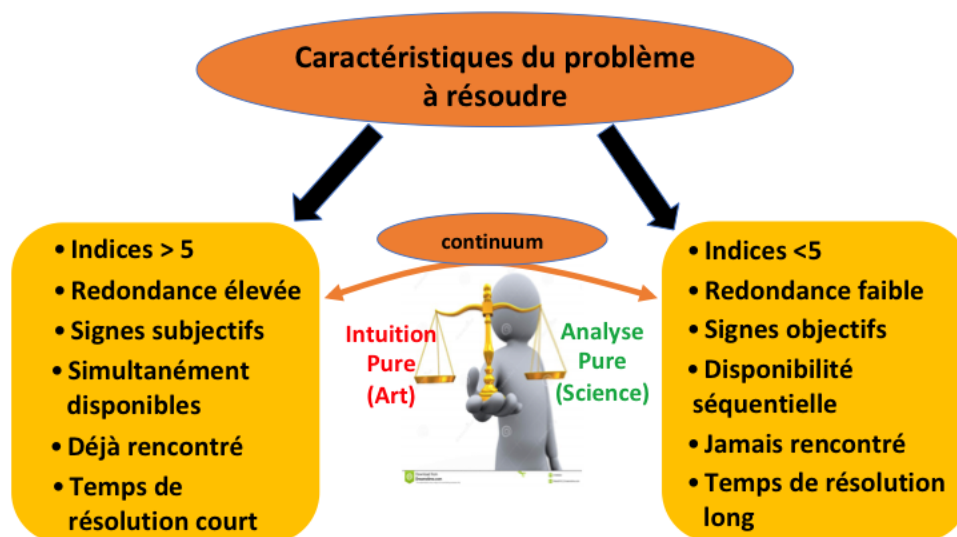


Figure 15 Deux processus de raisonnement clinique (25)

Selon Norman, le type de raisonnement utilisé dépend de la présentation du problème : typique ou atypique, avec des étiologies claires ou multiples causes possibles... (26–28).

Custers propose, avec la **théorie du continuum cognitif**, que le raisonnement clinique peut se situer le long d'un continuum qui va du raisonnement analytique au raisonnement non-analytique. Les cliniciens peuvent utiliser différentes stratégies de raisonnement en fonction du contexte clinique et du problème rencontré (figure 16) (29). Il n'y a donc pas seulement les caractéristiques personnelles qui font varier l'utilisation d'un type de raisonnement par rapport à un autre, il y a également les conditions et caractéristiques du problème clinique.

L'efficacité d'une stratégie combinant les deux processus est probablement supérieure à l'utilisation exclusive d'un seul des deux processus. Norman et coll. ont réalisé une étude expérimentale comparant des groupes d'étudiants en psychologie et évaluant la justesse du diagnostic d'électrocardiogramme (30). Un groupe d'étudiants a reçu des consignes leur indiquant de se fier à leur sens de similitude (raisonnement clinique non analytique) mais d'éviter de conclure trop rapidement en considérant chaque donnée présente sur l'ECG (stratégie analytique). Ce groupe a eu de meilleurs résultats que deux autres groupes où les participants ont reçu respectivement et exclusivement des consignes soit non analytiques, soit analytiques. L'étude a mis en évidence que des consignes combinées (analytiques et non analytiques) produisaient une meilleure justesse diagnostique que des consignes purement analytiques. Néanmoins, les étudiants qui n'avaient reçu que des consignes analytiques se trouvèrent confrontés à un véritable déluge de données cliniques, qui compliquait l'établissement d'une seule entité diagnostique.



Medical Education and Cognitive Continuum Theory:
An Alternative Perspective on Medical Problem Solving and Clinical Reasoning. E. Custers. *Academic Medicine* 2013.

Figure 16 : Théorie du continuum cognitif, d'après Custers et coll. (29)

D. L'approche bayésienne décrit notre heuristique pour déterminer l'hypothèse la plus probable

L'approche bayésienne appliquée au RDI consiste à utiliser les probabilités pour modéliser les connaissances cliniques et les incertitudes dans les diagnostics. Elle implique de prendre en compte les informations préalables (probabilité pré-test) ainsi que les nouvelles données (comme le résultat d'un examen) pour définir la probabilité d'un événement en fonction de la nouvelle donnée. Chaque donnée supplémentaire incorporée au problème conduit à une nouvelle probabilité (post-test).

Le théorème de Bayes est donné par la formule suivante :

- $P(A|B) = [P(B|A) \times P(A)] / P(B)$
 - $P(A|B)$ est la probabilité conditionnelle de l'événement A sachant que l'événement B s'est produit,
 - $P(B|A)$ est la probabilité conditionnelle de B sachant A,
 - $P(A)$ est la probabilité a priori de A et $P(B)$ est la probabilité a priori de B.

En pratique clinique, le théorème de Bayes peut être illustré par le calcul de la probabilité de l'angine bactérienne. Le score de Mac Isaac est utilisé pour calculer la probabilité pré-test en fonction de plusieurs critères, tels que la fièvre, la présence d'adénopathies cervicales, l'absence de toux et une augmentation du volume des amygdales. Un score de Mac Isaac égal à 2 indique une probabilité pré-test modérée d'angine bactérienne (au moins 20%). Le streptotest est ensuite utilisé pour détecter la présence de streptocoque de groupe A dans l'oropharynx. Après un résultat positif du streptotest, la probabilité post-test d'angine bactérienne pour un score de Mac Isaac de 2 serait d'environ 79 % (sensibilité de 90 % et spécificité de 95 %).

Pour simplifier l'usage en pratique clinique, Fagan a proposé une représentation graphique de la formule du théorème de Bayes. Le nomogramme de Fagan (figure 17) (31,32) permet de calculer rapidement la probabilité post-test d'une maladie en traçant une ligne reliant la probabilité pré-test de la maladie située sur l'échelle de gauche (30% pour l'exemple), avec le rapport de vraisemblance (positif pour la droite A ou négatif pour la droite B, selon le résultat du test). La probabilité post-test est lue sur l'échelle de droite.

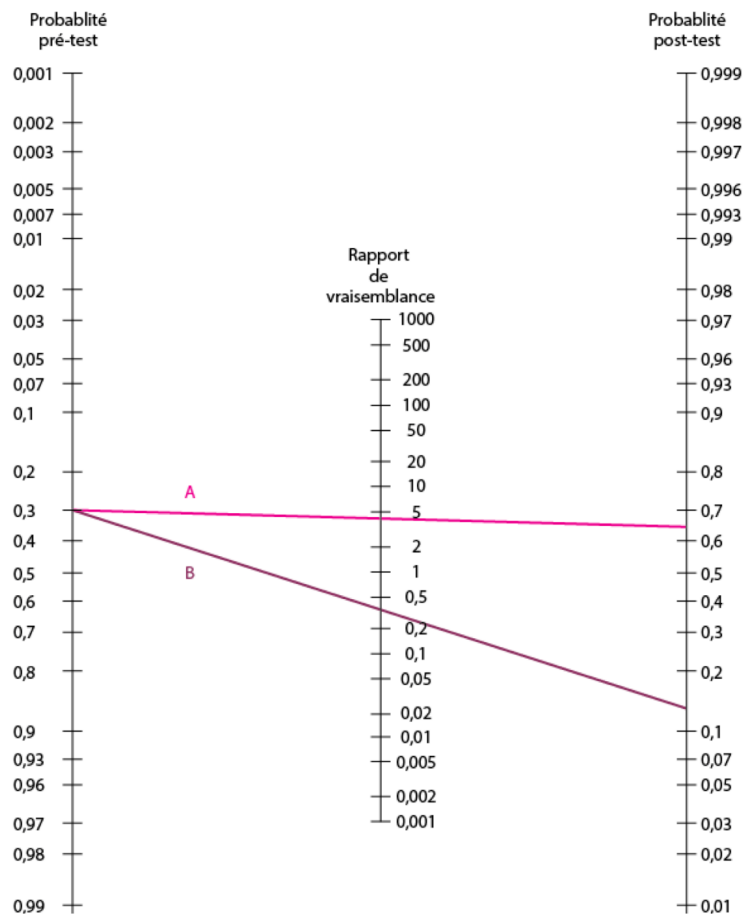


Figure 17 : Nomogramme de Fagan (31,32)

La réalisation de ces calculs de probabilités est rare en contexte clinique. Néanmoins, l'utilisation de scores cliniques permettant d'établir des probabilités pré-test, tels que le score de Mac Isaac, est fréquente. L'établissement des probabilités générées par l'utilisation de ces scores repose systématiquement sur l'établissement d'un diagnostic par un gold standard dans une population sélectionnée par de critères cliniques. Par exemple, une étude rétrospective réalisée sur environ 67 000 patients a permis d'établir les probabilités du score de Mac Isaac à partir d'un gold standard associant la réalisation d'un test diagnostique rapide (TDR appelé Streptotest) et, lorsque le TDR est négatif, la recherche d'ADN bactérien ou la réalisation d'une culture bactérienne lorsque le test rapide est négatif (figure 18) (33).

Table III. Prevalence of group A *Streptococcus* in patients with different numbers of modified Centor criteria*

No. of modified Centor criteria present	Percentage (95% CI) of all patients with symptom(s)	Prevalence (95% CI) of group A <i>Streptococcus</i>
0	2.3% (2.2%-2.4%)	7.6% (0.6%-9.0%)
1	12.1% (11.9%-12.4%)	13.1% (12.4%-13.8%)
2	27.5% (27.2%-27.8%)	20.8% (20.2%-21.4%)
3	31.6% (31.3%-32.0%)	33.6% (33.0%-34.2%)
4	20.6% (20.3%-20.9%)	50.7% (49.8%-51.5%)
5	5.8% (5.7%-6.0%)	69.3% (67.9%-70.8%)

*Elements of the modified Centor criteria are age 3-14 years, presence of fever, absence of cough, tonsillar exudate, swollen anterior cervical lymph nodes.

Figure 18 : Probabilités pré-test du score de Mac Isaac (33)

De nombreux scores cliniques ont été établis pour aider les cliniciens, notamment lorsque les problèmes cliniques à résoudre sont complexes. Par exemple, Wells et coll. ont établi en 2000 un score permettant d'évaluer la probabilité pré-test d'une embolie pulmonaire. Le gold standard du diagnostic d'embolie pulmonaire ayant permis l'établissement du score de Wells est une combinaison de techniques d'imagerie associant la scintigraphie pulmonaire de ventilation et perfusion, l'angioscanner thoracique, l'échographie doppler veineuse des membres inférieurs et l'angiographie conventionnelle (phlébographie) selon un algorithme détaillé dans l'étude (34). Le collège des enseignants de pneumologie propose une traduction française du score de Wells ainsi qu'un algorithme décisionnel pour aider les cliniciens à établir le diagnostic d'embolie pulmonaire (EP) (figures 19 et 20) (35).

Cet algorithme propose la réalisation d'un bilan sanguin à la recherche de D-dimères lorsque le score de Wells est inférieur à 7 (probabilité pré-test faible ou intermédiaire), et un angioscanner thoracique lorsque le score est supérieur ou égal à 7 (probabilité pré-test forte) (figure 20).

Score de WELLS*	
Antécédents personnels d'EP ou TVP	+ 1,5
Chirurgie ou immobilisation <4 semaines	+ 1,5
Cancer actif	+ 1
Hémoptysie	+ 1
FC > 100/min	+ 1,5
Signes de TVP	+ 3
Diag. alternatif - probable que celui d'EP	+ 3
Score de Wells	
Probabilité clinique :	
☐ faible (0-1)	
☐ intermédiaire (2- 6)	
☐ forte (≥ 7)	

Figure 19 : Le score de Wells, un score de probabilité clinique d'embolie pulmonaire (EP) (probabilité pré-test) (34,35)

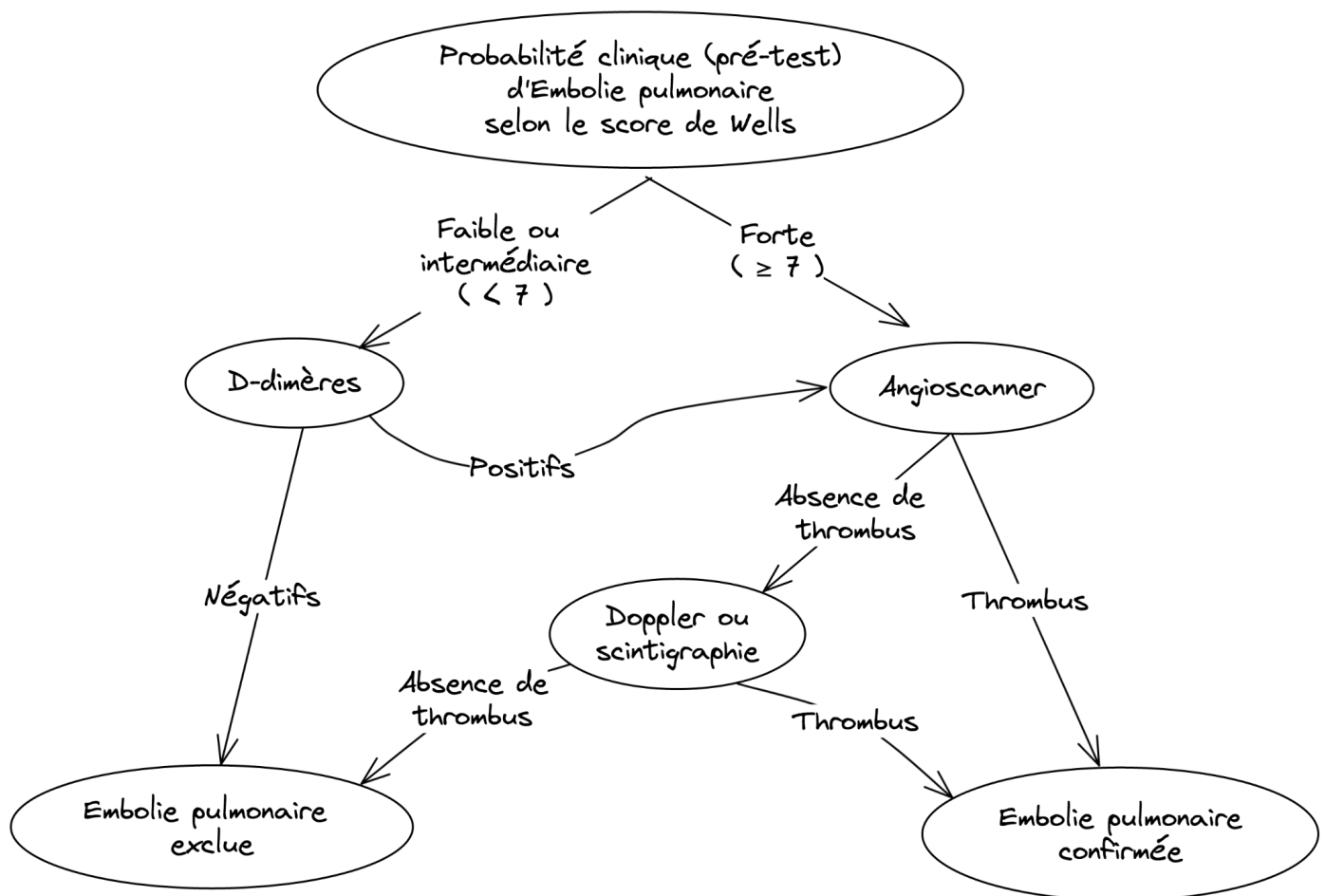


Figure 20 : Evaluation de la probabilité du diagnostic d'embolie pulmonaire, d'après le collège des enseignants de pneumologie (35)

Les scores de probabilité clinique peuvent aider les cliniciens à résoudre certains problèmes, notamment les cliniciens peu expérimentés. Néanmoins, un raisonnement médical basé uniquement sur de tels algorithmes n'intégrerait pas toutes les données du patient pouvant influencer le diagnostic. A titre d'exemple, avoir un antécédent personnel ou familial de mutation Leiden du gène de facteur V majore la probabilité de faire une embolie pulmonaire. Pourtant le score de Wells ne prend pas en compte cette donnée. Par ailleurs, concernant le score Mac Isaac, il ne prend pas en compte la notion de contagement familial. Pourtant la survenue d'une angine chez un enfant dont le frère jumeau a présenté une angine streptococcique dans les jours précédents augmente la probabilité que l'infection soit due au même pathogène.

Dans le domaine de la recherche, les scores cliniques constituent tout de même des outils efficaces pour établir de façon rigoureuse des critères de sélection des patients.

Par ailleurs, l'approche bayésienne peut être appliquée à des systèmes informatiques effectuant de manière itérative des calculs de probabilités. Après avoir décrit les bases théoriques régissant le raisonnement, nous allons voir qu'en pratique, des biais cognitifs peuvent survenir.

III. Biais cognitifs et influence du type de raisonnement sur les erreurs diagnostiques

A. Les biais cognitifs

Kahneman et Tversky analysent comment les heuristiques, qui sont des raccourcis mentaux utilisés pour simplifier la prise de décision, peuvent conduire à des erreurs de jugement dans leur ouvrage *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Ils décrivent trois heuristiques généralement efficaces, mais qui conduisent à des erreurs systématiques : la représentativité (“representativeness”), la disponibilité (“availability”) et l’ancrage (“adjustment and anchoring”) (36).

1. Biais de représentation ou de représentativité (representativeness)

Selon Kahneman et Tversky, l’heuristique de représentativité est généralement utilisée lorsque quelqu’un évalue dans quelle mesure A ressemble à B pour juger de la probabilité qu’un objet A appartienne à la classe B ou qu’un événement A provienne du processus B.

Par exemple, il s’agirait d’estimer la probabilité du métier exercé par quelqu’un dont la personnalité est connue en se basant sur le degré de similitude entre sa personnalité et les stéréotypes connus de professions. Selon eux, cette approche du jugement de probabilité conduit à de graves erreurs, car l’heuristique de représentation n’est pas influencée par plusieurs facteurs à considérer, tels que les probabilités a priori (37). Kahneman et Tversky ont conduit une expérience qui montrait que les sujets n’utilisaient pas le théorème de Bayes pour estimer la probabilité qu’une personne soit ingénieur ou avocat lorsqu’ils disposaient de certaines informations complémentaires inutiles.

L’absence de considération de la fiabilité de l’indicateur utilisé pour estimer une probabilité est un biais qui provient de l’heuristique de représentativité. Selon eux, les sujets ne modifient pas leur estimation de la probabilité d’un événement basé sur un indicateur prédictif, que la fiabilité de ce dernier soit bonne ou mauvaise. La confiance dans une prédiction dépend principalement du degré de représentativité (c’est-à-dire de la qualité de la correspondance ou degré de similitude) avec peu ou pas de considération pour les facteurs qui limitent la précision des prévisions. Cette illusion de validité persiste même lorsque l’assesseur est conscient des facteurs qui limitent l’exactitude de ses prédictions.

Ainsi, le biais de représentation peut amener les médecins à tirer des conclusions erronées en se basant sur des similitudes superficielles entre un patient et un diagnostic. Audétat et coll. définissent le biais de représentation comme la tendance à se centrer sur les manifestations prototypiques d’une maladie qui entraîne un risque de sous-estimer la probabilité de survenue d’une maladie si elle se présente sous une forme légèrement différente ou atypique (38).

2. Biais de disponibilité ou d'accessibilité (availability)

Kahneman et Tversky définissent l'accessibilité comme l'heuristique de jugement selon laquelle la probabilité d'un événement est évaluée par la facilité avec laquelle des cas ou des occurrences peuvent être évoqués. L'accessibilité (ou la disponibilité) est utile pour évaluer la fréquence ou la probabilité, car les événements fréquents (par exemple la grippe en période hivernale) sont généralement mieux rappelés et plus rapidement que les événements moins fréquents (pyélonéphrite aiguë se présentant sous la forme d'un syndrome grippal). De plus, les événements récents sont susceptibles d'être accessibles plus rapidement que les anciens.

Ils démontrent cet effet en présentant une liste de personnalités connues des deux sexes à des sujets qui sont ensuite invités à juger si la liste contient plus de noms d'hommes que de femmes. Différentes listes ont été présentées à différents groupes de sujets. Dans certaines listes, les hommes étaient relativement plus célèbres que les femmes, et dans d'autres les femmes étaient relativement plus célèbres que les hommes. Dans chacune des listes, les sujets ont jugé à tort que la classe (le sexe) qui avait les personnalités les plus célèbres était la plus nombreuse (37).

Dans une autre expérience, il est demandé à des sujets si la lettre r a plus de chance d'être la première ou la troisième d'un mot pris au hasard d'un texte en anglais. Parce qu'il est beaucoup plus simple de rechercher des mots par leur première lettre que par leur troisième lettre, la plupart des gens estiment que les mots qui commencent par une certaine consonne sont plus nombreux que les mots dans lesquels la même consonne est en troisième position. Ils le font même pour les consonnes, comme r ou k, qui sont plus fréquentes en troisième position qu'en première en langue anglaise (37).

En médecine, le biais d'accessibilité peut être défini comme la tendance à être influencé par un diagnostic posé récemment ou par une expérience diagnostique particulière d'une maladie, et à ensuite à prioriser ce diagnostic dans sa génération d'hypothèses. Par exemple, un médecin ayant vu une femme de 40 ans avec des douleurs thoraciques associées à un lymphome va ensuite avoir tendance à évoquer ce diagnostic pour toutes ses patientes présentant des douleurs semblables (38).

En outre, des données non pertinentes peuvent également influencer le raisonnement d'étudiants à leur insu. Hatala et coll. (39) ont montré que la présentation de données non pertinentes (comme le fait d'être banquier) à des internes en médecine générale au cours de la résolution de cas cliniques impliquant la lecture d'électrocardiogramme (ECG) a diminué leur performance. La présentation de similitudes non pertinentes a entraîné une baisse de 50% de la précision de la lecture des ECG, passant de 46% pour les étudiants non exposés à 23%.

Ce sous-type de biais d'accessibilité a été appelé l'effet de corrélation illusoire par Chapman et Chapman ("Illusory correlation"), qui est le fait d'établir des liens associatifs entre deux événements lorsque ceux-ci se produisent simultanément (40).

3. Biais d'ajustement ou d'ancrage (adjustment and anchoring)

Dans de nombreuses situations, les estimations reposent sur une valeur initiale qui est ensuite ajustée pour donner la réponse finale. Les biais liés à des erreurs d'ajustements peuvent venir du fait que la valeur initiale est suggérée par la formulation du problème ou issue du résultat d'un calcul partiel ou également lorsque les ajustements effectués sont insuffisants.

Kahneman et Tversky ont mis en évidence ces biais en demandant à deux groupes d'élèves de résoudre en 5 secondes un produit de chiffres (36). Chaque groupe avait un produit différent. Le premier devait résoudre le produit $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8$. Alors que le deuxième groupe devait résoudre le produit: $8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$. Étant donné que les ajustements sont généralement insuffisants, cette procédure devait conduire à une sous-estimation pour les deux groupes. De plus, comme le résultat des premières étapes de multiplication est plus élevé dans la séquence décroissante que dans la séquence croissante, l'estimation du premier groupe devait être inférieure à celle du deuxième groupe. Les deux prédictions ont bien été confirmées, avec une estimation médiane de 512 pour le groupe ayant la séquence croissante et de 2250 pour le groupe ayant la séquence décroissante alors que la bonne réponse était 40320.

En médecine, le biais d'ancrage est la tendance à figer le raisonnement sur des éléments de la présentation clinique initiale, sans s'adapter aux informations subséquentes.

En somme, Kahneman et Tversky ont montré les difficultés d'utilisation de règles statistiques aussi fondamentales que le théorème de Bayes.

Nous allons maintenant préciser les biais cognitifs favorisés par chaque type de raisonnement diagnostique, en gardant à l'esprit que les trois biais décrits (d'ancrage, de représentativité et de disponibilité) peuvent survenir lors de tous les types de raisonnement.

B. Biais pouvant survenir lors de l'utilisation du raisonnement non-analytique

Eva montre dans une revue de la littérature(41) que l'absence de processus analytique pour confirmer une hypothèse peut aboutir à une fermeture prématurée du raisonnement et à des erreurs diagnostiques, même chez des cliniciens très expérimentés.

Sanche et coll. définissent la fermeture prématurée comme un court-circuit dans le raisonnement de l'étudiant qui se centre hâtivement et exclusivement sur une seule hypothèse diagnostique (42). Selon eux, trois types de biais peuvent conduire à une fermeture prématurée d'hypothèse : le biais d'ancrage (voir plus haut), le biais de confirmation et le biais d'assurance.

Le biais d'assurance est la tendance à surévaluer sa compétence, pouvant survenir lors d'un excès de confiance en son jugement clinique et d'un manque de rigueur. Les décisions se basent sur des intuitions ou des opinions plutôt que sur des données rigoureusement réunies (38).

Le biais de confirmation est la tendance à ne rechercher que les indices qui soutiennent un diagnostic au détriment de ceux qui le réfutent, même si ces derniers sont plus convaincants. Il peut conduire à ignorer certaines données pertinentes (38).

L'association des biais d'ancrage, d'assurance et de confirmation peut conduire à la vision tunnelaire, focalisant l'attention sur une seule hypothèse, sans prendre en compte les données contradictoires, voire en les ignorant complètement.

C. Biais pouvant survenir lors de l'utilisation d'un raisonnement inductif

Employer uniquement un mode de raisonnement de type inductif présente le risque de poursuivre un inventaire de données vers des éléments peu pertinents. La dispersion dans le recueil de données sans en faire la synthèse peut écarter de la solution du problème, notamment lors d'erreurs d'interprétations.

D. Biais pouvant survenir en cas de raisonnement hypothético-déductif

Utiliser uniquement ce mode de raisonnement, qui débute par une génération immédiate d'hypothèses (abduction), favorise les biais de confirmation et d'assurance déjà décrits. Par ailleurs, l'abduction étant effectuée à un stade précoce de la situation, le risque de se tromper de problème principal peut écarter de la solution attendue.

E. Comment limiter l'influence des biais cognitifs?

Pour prévenir ces biais, Croskerry propose de promouvoir la métacognition, une approche réflexive de la résolution de problèmes qui consiste à prendre du recul par rapport au problème immédiat pour examiner le processus de réflexion (43).

Pour Kahneman et Tversky, l'analyse de ses propres heuristiques et biais de jugement favorisent la rationalité d'une décision (36,37).

L'utilisation d'un raisonnement mixte, associant des processus analytiques et non-analytiques permet de prévenir certains biais cognitifs. Une étude réalisée sur 36 internes en médecine à qui sont présentés des dossiers cliniques a démontré que le biais de disponibilité peut être limité par l'utilisation d'un raisonnement analytique (44). Pour réaliser cette étude, huit vignettes cliniques ont été présentées à 36 internes. Pour favoriser le raisonnement non analytique, on leur demandait de répondre aux cas le plus rapidement possible. Parmi les huit cas, quatre ressemblaient à des cas présentés au préalable, mais dont le diagnostic à faire était différent. Ensuite, les investigateurs ont demandé aux étudiants de revoir les cas et de les analyser de nouveau, avec un raisonnement analytique. Pour favoriser ce type de raisonnement, on leur demandait de faire la liste :

- des données du cas qui appuient leur diagnostic
- des données qui infirment leur diagnostic
- des données qui devraient être présentes avec leur diagnostic retenu, mais qui n'étaient pas indiquées
- d'autres diagnostics possibles.

Les résultats ont montré que les internes ont fréquemment été victimes d'un biais de disponibilité (ou d'accessibilité), c'est-à-dire qu'ils ont souvent donné les diagnostics qui correspondaient aux cas qu'on leur avait présentés avant (corrélation illusoire ou "illusory correlation"). Néanmoins, ils ont pu corriger leurs erreurs en utilisant secondairement un raisonnement analytique.

Ainsi, après avoir décrit les processus du RDI, nous nous demanderons dans la prochaine partie comment l'apprentissage pourrait influencer le raisonnement diagnostique initial.

Partie 3 : Comment l'apprentissage influence-t-il le raisonnement diagnostique initial?

I. Les substrats de l'apprentissage et de la mémorisation

A. La mémoire repose sur des réseaux de neurones

La mémoire étant un préalable indispensable au raisonnement clinique, pour mieux comprendre en quoi l'apprentissage peut influencer le raisonnement, certains de ses mécanismes vont être développés dans cette partie.

Squire et Kandel (45) distinguent la mémoire déclarative (ou explicite), qui est la mémoire des faits, des événements ou des idées (le *savoir quoi*); et la mémoire non déclarative (ou implicite) qui résulte également de l'expérience mais qui s'exprime par une modification inconsciente du comportement et non sous la forme d'un rappel conscient (le *savoir comment*).

La **mémoire déclarative (ou explicite)** comprend la mémoire épisodique et la mémoire sémantique. La mémoire **épisodique** porte sur des informations personnelles liées à des expériences spécifiques et à des moments précis intégrant la situation, les personnes, le lieu et les émotions associées aux expériences. De plus, la mémoire de la source est une composante de la mémoire épisodique qui permet de se souvenir de l'origine ou de la source d'une information ou d'un événement, en le reliant à un contexte spatio-temporel spécifique. La mémoire **sémantique** concerne la connaissance générale et abstraite que nous avons sur le monde, indépendamment de l'expérience personnelle. Elle comprend notamment les concepts scientifiques.

La **mémoire non déclarative (ou implicite)** comprend la mémoire des habiletés et la mémoire perceptive. La première, celle des **habiletés**, encore appelée mémoire procédurale, est celle des compétences instrumentales telles que la marche, l'écriture, etc. La deuxième, la mémoire **perceptive** ou sensorielle, est celle des capacités d'analyse sensorielles (visuelle, olfactive, etc.).

Les découvertes de Ramón y Cajal (fin XIXe) (45) ont permis d'établir les bases actuelles de la connaissance sur la mémoire. Il découvrit que les capacités d'apprentissage des animaux dépendent moins des types de cellules nerveuses que de leur nombre et de la façon dont elles sont **interconnectées**. Il observa que les neurones communiquent les uns avec les autres au niveau de points de contact très spécialisés, les **synapses**. Chaque neurone établit environ 1000 connexions avec d'autres neurones. Chaque neurone est **polarisé** : l'information se propage de façon **unidirectionnelle**, depuis les dendrites ou le corps cellulaire, vers les axones et les terminaisons présynaptiques. Lorsqu'un événement physique (lumières, odeurs, etc) initie la transmission d'un signal, la nature de l'information transmise est déterminée par les voies neuronales empruntées. La vision est traitée dans un ensemble de voies; le son dans un autre ensemble de voies. Des réseaux de connexions neuronales forment des patterns de signaux électriques spécifiques de chaque système appelés engrammes. L'engramme représente donc l'ensemble des connexions synaptiques et des schémas d'activité neuronale impliqués dans la formation, le stockage et la récupération d'une mémoire spécifique.

Secondairement, Squire et Kandel (45) rapportent que Ramón y Cajal formula dès 1894 lors d'une conférence qu'il donna à la Royal Society une hypothèse maintenant appelée plasticité synaptique:

*« L'exercice mental facilite le développement [...] des **excroissances nerveuses** dans la partie du cerveau utilisée. De cette façon, des connexions préexistantes entre des groupes de cellules seraient renforcées par la multiplication des ramifications terminales. »*

Cette hypothèse selon laquelle la force synaptique peut-être modifiée par l'activité neuronale sera ultérieurement vérifiée, notamment par Spencer et Thompson qui montrèrent en 1966 que l'habituation du réflexe de retrait de la patte du chat s'accompagne d'une diminution de l'activité synaptique de certains neurones de la moelle épinière.

Selon Squire et Kandel, deux mécanismes sous-tendent l'adaptation de la force de transmission synaptique en réponse à l'activité neuronale : la potentialisation à court terme et la potentialisation à long terme.

La potentialisation à court terme est liée à des modifications biochimiques au niveau de la synapse permettant une augmentation temporaire de la libération de neurotransmetteurs en réponse à l'activation répétée et synchronisée des neurones.

La potentialisation à long terme implique des modifications neuronales plus durables, en lien avec l'activation de certains gènes, permettant des changements structuraux tels que l'ajustement de la quantité de récepteurs, l'augmentation de la taille de la synapse ou la formation de nouvelles synapses.

Ces mécanismes sont retrouvés pour les deux types de mémoire (déclarative et non déclarative), même si les localisations anatomiques de celles-ci diffèrent. Certaines études ont permis l'identification de ces régions, telles que celles de Milner. Dans celles-ci, le patient H.M, dont l'épilepsie a été traitée par la résection bilatérale de la face interne du lobe temporal incluant l'hippocampe, avait un déficit majeur de sa mémoire déclarative (ne pouvait plus enregistrer depuis sa mémoire à court terme vers sa mémoire à long terme), mais aucun déficit sa mémoire non déclarative. Moins d'une heure après avoir mangé, le patient H.M ne pouvait pas se rappeler de ce qu'il avait mangé, ni même qu'il avait mangé. Néanmoins, ses habiletés ont pu progresser au cours d'un entraînement de plusieurs jours qui consistait à tracer un trait entre les deux lignes d'une étoile alors qu'il voyait sa main dans un miroir (46).

Ainsi le stockage à long terme de la mémoire déclarative repose en partie sur l'hippocampe. Par ailleurs, les différentes formes de mémoire non déclarative semblent dépendre de régions cérébrales distinctes, telles l'amygdale, le cervelet, le striatum ainsi que des systèmes sensoriels et moteurs spécifiques recrutés pour les tâches réflexes (45).

Au total, Squire et Kandel synthétisent les études sur la mémoire en trois découvertes centrales :

*« Premièrement, la mémoire n'est pas une faculté unitaire de l'esprit mais est composée de deux systèmes fondamentaux : la mémoire **déclarative** et la mémoire **non déclarative**. Deuxièmement, ces deux systèmes ont leur propre logique – le **rappel conscient** opposé à la **performance inconsciente**. Troisièmement, chacun repose sur ses propres systèmes neuronaux.*

*L'étude moléculaire des mécanismes de stockage mnésique a révélé des similitudes insoupçonnées entre les composantes déclaratives et non déclaratives de la mémoire. Ces deux composantes de la mémoire comprennent une forme à **court terme** d'une durée de quelques minutes et une forme à **long terme** s'étendant au moins sur plusieurs jours. Pour ces deux composantes, la mémoire à court terme et la mémoire à long terme reposent sur une modification de la **force synaptique**. Dans les deux cas, le stockage à court terme ne nécessite qu'une modification transitoire de la force synaptique. Par la suite, l'activation de gènes et de protéines est nécessaire pour convertir la mémoire à court terme en mémoire à long terme. En fait, les composantes déclaratives et non déclaratives de stockage mnésique semblent partager une voie de communication commune pour activer les mêmes gènes et protéines. Enfin, les deux composantes de la mémoire semblent utiliser la croissance de nouvelles synapses – à la fois de terminaisons présynaptiques et d'épines dendritiques – pour stabiliser la mémoire à long terme » (45).*

Ainsi, la plasticité synaptique permet de moduler l'indexation des connaissances organisées en réseau de neurones. Les connexions neuronales utilisées lors de la résolution d'un problème clinique dépendraient ainsi des connexions préalablement établies lors d'apprentissages antérieurs et de leur utilisation.

B. Synthèse des différents facteurs influençant la mémorisation

1. La répétition

L'acquisition de la mémoire déclarative (explicite) nécessaire au RDI dépend d'abord de l'utilisation des réseaux de neurones. La répétition permet de renforcer les connexions établies.

2. L'affect

La mémoire épisodique intègre les émotions associées à des événements. Les émotions peuvent influencer la mémorisation (renforcement positif ou négatif selon le type d'émotion).

3. L'organisation des connaissances (catégorisation, script cliniques, etc.)

En sciences cognitives, les architectures de connaissances adaptées à des actions spécifiques sont nommées les scripts. Pour Schank et Abelson (47), les scripts sont des schémas de comportement stéréotypés qui sont le résultat d'expériences antérieures. Ils permettent de prédire une séquence appropriée d'événements attendus dans un contexte particulier. Un script se rapportant à une situation permet donc de spécifier le cours habituel d'actions attendues.

En médecine, le terme de script clinique a été repris pour indiquer que les médecins mobilisent des réseaux de connaissance préétablis pour comprendre une situation clinique et agir en fonction de buts diagnostiques, d'investigation ou de traitement (48). La définition de script clinique peut varier selon les auteurs mais désigne de façon consensuelle le réseau de connaissance organisé pour être efficace dans des tâches cliniques. On comprend ainsi l'importance de la confrontation des étudiants à une variété de présentations cliniques au cours desquelles ils doivent être activement impliqués dans le processus de résolution du problème.

Pour Nendaz et coll. (24): « La connaissance ne se reçoit pas, elle se construit. Tout apprentissage, qu'il s'agisse d'acquisition de connaissances ou d'habiletés, est le résultat d'une démarche mentale active au cours de laquelle chaque apprenant confronte toute information nouvelle avec ses connaissances antérieures avant de l'incorporer dans sa base de connaissance ».

Bordage souligne l'importance d'organiser l'apprentissage des connaissances médicales en réseau dans le contexte clinique (49). Différentes possibilités d'organisation de ces connaissances permettent de se remémorer des éléments nécessaires à la résolution de problèmes cliniques. Les différents moyens d'indexation seront détaillés dans la prochaine partie : la reconnaissance de forme, les catégories et les organigrammes logiques.

II. L'organisation des connaissances (indexation) permet l'accès aux informations nécessaires à la résolution du problème clinique

Nous allons voir trois types d'organisation des connaissances possibles : basée sur des compilations de cas cliniques, sur des catégories et enfin sur des organigrammes logiques.

A. Indexation par compilation de cas cliniques

1. Compilation de cas cliniques concrets

L'organisation la plus basique est celle fondée des cas concrets tels qu'ils ont été vécus, sans processus d'abstraction. L'apprentissage correspond donc à l'addition de nouveaux exemples pour former une collection de cas. Cette dernière est utilisée dans le processus diagnostique en procédant par comparaison du problème clinique à résoudre à des situations cliniques similaires vécues (processus non analytiques).

2. Compilation d'exemples décontextualisés (prototypiques)

Dans ce modèle, les cas rencontrés sont décontextualisés pour former des catégories d'exemples typiques. Par exemple, la maladie d'Osgood-Schlatter pourrait présenter un prototype tel que le cas d'un adolescent se plaignant d'une douleur de genou à l'issue de ses entraînements.

Selon Nendaz (24): *« ces prototypes sont importants pour l'enseignement, car ils servent de point d'ancrage à l'acquisition de nouvelles connaissances, de manière à former un grand réseau de connexions entre prototypes et entre catégories ».*

3. Compilation de scripts cliniques

Issu des sciences cognitives, le terme de script clinique désigne un réseau de connaissance organisé pour comprendre et agir dans une situation clinique particulière. Pour Pottier et Planchon (19), se référer à un script préalablement établi lors de la résolution d'un problème permet:

« tout à la fois de proposer un diagnostic principal, de lister les diagnostics différentiels devant être éliminés, de proposer une planification des examens complémentaires et des traitements et de fournir un guide de surveillance en fonction de l'évolution attendue. »

Le script clinique proposé comme illustration par Pottier et Planchon correspond à celui de la thrombophlébite cérébrale (figure 21) (19).

Référence à un script clinique. Exemple « Thrombophlébite cérébrale »

Arguments du diagnostic: femme jeune, tabac, pilule, antécédents de thrombose, accidents obstétricaux, la symptomatologie clinique n'est pas spécifique, voire trompeuse.

Diagnostic différentiel: migraine, sinusite aiguë, origine psychogène

Conduite à tenir: urgence médicale, scanner cérébral avec injection, D-dimères si faible probabilité clinique.

Pronostic: favorable avec le traitement anticoagulant, dépend de la cause.

Bilan étiologique indispensable (CIVD, SAPL, cancer, thrombophilie congénitale...).

Figure 21 : Exemple de script clinique: la thrombophlébite cérébrale (19)

Avec l'expérience, les cliniciens développent un réseau de connaissances reposant à la fois sur des liens entre des éléments discriminants et des maladies, mais également sur les représentations de maladies qu'ils ont encodées en mémoire (scripts) (50,51). Avec la pratique, la confrontation à des présentations diverses d'un même diagnostic va raffiner leurs schémas cliniques et entraîner des rappels plus efficaces.

B. Organisation des connaissances par catégorisation

Différentes catégorisations peuvent être réalisées. En médecine, un syndrome est la réunion d'un groupe de signes et de symptômes qui se produisent ensemble dans un certain nombre de maladies. Puisqu'il peut avoir des origines diverses, le syndrome se distingue de la maladie due (en principe) à une cause spécifique (1). L'utilisation de syndromes lors de résolution de problème clinique est un moyen efficace de faire des liens entre des signes cliniques et des maladies.

Deux types de syndromes peuvent être distingués: le syndrome anatomique et le syndrome physiopathologique.

1. Syndrome physiopathologique

Le syndrome physiopathologique est construit par le regroupement de signes cliniques qui admettent la même origine physiopathologique. Deux exemples vont être présentés.

a) Le syndrome de cholestase

Le syndrome de cholestase est le regroupement des signes suivants: ictère, prurit, selles décolorées, urines foncées, stéatorrhées, car tous ces signes peuvent être parfaitement expliqués sur le plan physiopathologique par l'obstacle à l'évacuation de la bile ou cholestase.

b) Le syndrome d'hyperkaliémie

L'hyperkaliémie est définie par une concentration plasmatique du potassium élevée, et supérieure à 5,0 mmol/L. Les manifestations cliniques de l'hyperkaliémie résultent des modifications du gradient potassique entre les compartiments intra et extracellulaires responsables d'altérations des potentiels de membrane. L'effet cardiaque est lié à une hypoexcitabilité myocardique : ondes T amples, troubles des conductions auriculaire, atrioventriculaire et intraventriculaire allant jusqu'à la bradycardie à QRS large. Des signes neuromusculaires sensitifs (dysesthésie) et musculaires (paralysie flasque) peuvent également survenir.

Le raisonnement physiopathologique, faisant appel aux connaissances physiologiques pour la résolution du problème clinique, peut être utilisé pour retrouver les causes d'hyperkaliémie. Par exemple, le clinicien pourrait revenir à la régulation du potassium par l'aldostérone, se rappeler de la différence entre sa concentration intracellulaire (plus de 100 mmol/L) et extracellulaire (environ 4 mmol/L), ou encore du lien entre les ions H⁺ et K⁺ dans l'homéostasie pour émettre respectivement les hypothèses suivantes: déficit en aldostérone, lyse cellulaire et acidose métabolique.

2. Syndrome anatomique

Le syndrome anatomique est établi regroupement de signes cliniques ayant une même origine anatomique. Il permet de localiser la lésion responsable des signes cliniques. Deux exemples vont être présentés.

a) Le syndrome cave supérieur

Le syndrome cave supérieur regroupe l'ensemble des troubles circulatoires consécutifs à l'oblitération de la veine cave supérieure.

Il se traduit par:

- Une cyanose localisée aux mains et au visage (nez, lèvres, pommettes, oreilles, ongles, doigts), accentuée par la toux et l'effort. Elle est due au ralentissement circulatoire et à la distension des réseaux veineux et capillaires sous-cutanés.
- Un œdème de topographie caractéristique de la face de la base du cou et de la partie antéro-supérieure du thorax et des bras (œdème en pèlerine), plus marqué le matin et en position couchée, respectant le dos, effaçant le relief claviculaire.
- Une turgescence veineuse qui atteint les veines jugulaires, mais aussi les veines sublinguales, veines des fosses nasales, veines rétiniennes (visibles au fond d'œil). Elle peut entraîner épistaxis et hémoptysies. Ces éléments du trépied veineux s'intensifient en position couchée ou par inclinaison du tronc en avant.
- Une somnolence et des céphalées de fin de nuit.
- Une circulation veineuse collatérale débutant par des vibices violacées ou télangiectasies localisées au 2/3 supérieurs du thorax.

b) Le syndrome de Brown-Séquard

Le syndrome de Brown-Séquard, caractérisé par une compression médullaire atteignant dans l'exemple l'hémi-moelle gauche (figure 22) (52), est défini par l'association de **trois** atteintes neurologiques, expliquées par l'anatomie des cordons médullaires :

- Des déficits de la proprioception et du tact épicritique du membre inférieur homolatéral à la lésion atteignant le cordon postérieur de la moelle spinale. Ce dernier est formé par les axones des neurones afférents primaires localisés dans le ganglion spinal, qui conduisent les sensibilités épicritique et proprioceptive.
- Un syndrome pyramidal du membre inférieur homolatéral caractérisé, lors d'une atteinte aiguë de la moelle (traumatique par exemple), par un déficit moteur, une aréflexie ostéo-tendineuse et un signe de Babinski. Ce syndrome traduit l'atteinte du tractus cortico-spinal latéral, formé par les axones des neurones efférents, supports de la motricité volontaire.
- Un déficit de la sensibilité thermoalgique du membre inférieur controlatéral, expliqué par l'atteinte du tractus spino-thalamique de Déjerine, formé par les axones des deutoneurones localisés dans la corne dorsale de la moelle spinale ayant décussés au niveau métamérique.

Dans ce syndrome, les déficits sensitifs touchant les deux membres inférieurs sont différents puisque les fibres conduisant la sensibilité thermo-algique décussent d'emblée au niveau métamérique, alors que celles conduisant la sensibilité proprioceptive et le tact épicritique vont d'abord remonter jusqu'au tronc cérébral avant de décussar.

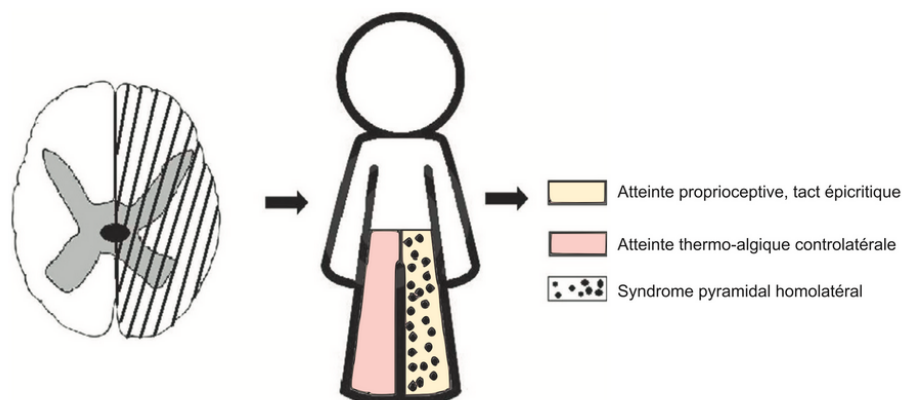


Figure 22 : Exemple d'un syndrome anatomique : le syndrome de Brown-Séquard, une compression médullaire atteignant une partie de la moelle spinale (52)

3. Syndromes permettant de retrouver des maladies (association de signes)

Enfin, d'autres syndromes peuvent être établis sans être classés en syndrome anatomique ou physiopathologique. Ces regroupements de signes cliniques permettent de faire des liens vers différentes maladies.

Par exemple, l'association des signes suivants:

- arthralgies inflammatoires
- purpura pétéchial des membres inférieurs
- fébricule 38 - 38,5 °C
- bilan sanguin : syndrome inflammatoire biologique, anémie et thrombopénie
- souffle cardiaque

Permettrait d'évoquer:

- un lupus avec une endocardite de Libman-Sacks et un syndrome d'Evans
- une endocardite infectieuse.

C. Organisation des connaissances fondée sur des organigrammes logiques

Ces organigrammes logiques préalablement établis permettent de progresser vers une solution en suivant des nœuds décisionnels basés sur des signes discriminants (figure 23) (19).

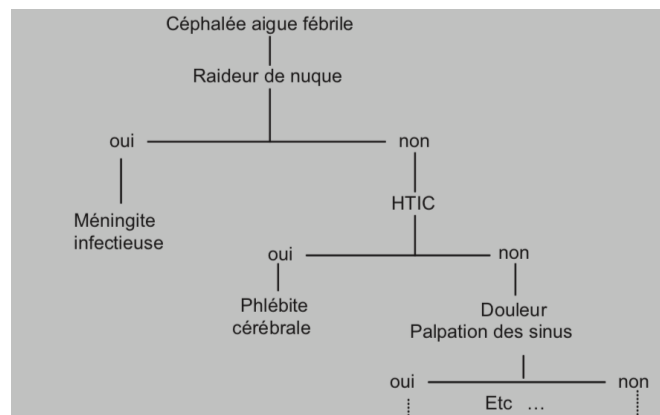


Figure 23 : Exemple d'organigramme logique : céphalée aiguë fébrile (19)

Au total, les différents modes d'indexation permettent la réalisation de liens entre les connaissances. Les cliniciens peuvent alors aborder les problèmes cliniques sous différents aspects. Par ailleurs, le contexte dans lequel un problème se situe joue un rôle majeur sur l'équilibre optimal entre plusieurs stratégies cognitives potentielles (5). Ce contexte comprend des facteurs environnementaux (le milieu clinique), de situation (les cas vus récemment) et des facteurs personnels (pensée du clinicien lors de la résolution). À l'issue de la description des processus du RDI connus, nous allons désormais nous intéresser aux moyens de les analyser.

Partie 4: Comment peut-on analyser le raisonnement diagnostique initial?

Aucun gold standard n'a encore été établi pour évaluer les stratégies du raisonnement clinique (53). C'est pourquoi nous allons détailler différentes méthodes d'analyse du RDI en commençant par celles qui évaluent les connaissances théoriques et leur apprentissage, puis nous développeront celles qui évaluent le raisonnement lors de la résolution de problèmes cliniques simulés par écrit, et lors de la résolution de problèmes cliniques en consultation.

I. Evaluation des connaissances théoriques:

A. Evaluation du mode d'apprentissage des connaissances théoriques

La description des méthodes d'apprentissage d'un étudiant peut améliorer la compréhension de la façon dont il construit ses connaissances. Selon John Biggs (54), le mode d'apprentissage peut être catégorisé en trois types. Premièrement, l'approche en surface (ou superficielle), lorsque l'étudiant cherche simplement à éviter l'échec en fournissant le minimum d'effort. Deuxièmement, l'approche en profondeur, lorsque l'étudiant cherche à comprendre et s'appropriier les connaissances. Et enfin l'approche d'apprentissage de type "réussite" (achieving) lorsque les étudiants sont motivés par la recherche de la meilleure note ou du meilleur classement; une alternance entre approche en surface ou en profondeur pouvant être utilisée en fonction de l'efficacité perçue par l'étudiant. Biggs et coll. ont élaboré un questionnaire permettant d'évaluer l'approche d'apprentissage des étudiants (R-SPQ-2F) (55).

En 2008, Pottier et coll. ont réalisé une traduction française du questionnaire de Biggs pour analyser l'approche d'apprentissage des étudiants (56) selon une dichotomie entre deux types d'apprentissage : en surface lorsque l'étudiant effectue l'effort minimal pour réussir l'examen et en profondeur lorsque l'étudiant cherche avant tout à comprendre dans le but de retenir le plus durablement possible (disponible en annexe 1). Cette traduction a été utilisée dans une autre étude évaluant les approches d'apprentissage d'étudiants en médecine en parallèle de leurs compétences cliniques aux travers d'un programme de simulation de consultations de médecine ambulatoire sur trois ans (57). Cette étude a montré que les étudiants dont les compétences cliniques sont les plus performantes sont ceux qui réalisent une approche d'apprentissage en profondeur.

B. Comment peut-on analyser les connaissances théoriques d'un étudiant ?

1. Question à réponse unique (ORU) ou à réponses multiples (ORM)

Une question à réponse multiple est une question à laquelle l'étudiant répond en cochant la ou les bonnes réponses parmi cinq propositions alors qu'une question à réponse unique est une question à laquelle il répond en cochant la seule et unique bonne réponse.

L'inconvénient de ce type de questionnaire est que la ou les réponses sont suggérées à l'étudiant, qui n'y aurait pas forcément pensé en l'absence de cet indiçage. Par ailleurs, la réponse à une QRM ne permet pas la nuance entre les différentes propositions, et ne permet pas non plus de hiérarchiser les réponses données.

Des questionnaires associant des QRU et des QRM ont été utilisés pour départager les étudiants en sixième année de médecine lors des épreuves classantes nationales informatisées (ECNi) entre 2016 et 2022 au cours de l'épreuve des "questions isolées" (QI) qui est une suite de 120 questions de connaissances indépendantes les unes des autres. Ces questions requérant des réponses simples ou multiples évaluent les savoirs déclaratifs puisqu'elles sont peu contextualisées. Elles évaluent la performance (mémoire pure) et non les processus utilisés pour obtenir la solution.

Une diversification des possibilités de types de questions a vu le jour en 2023 dans le cadre de la réforme du deuxième cycle des études de médecine. Pour départager les étudiants en sixième année de médecine, le CNG (centre national de gestion) a fait évoluer en 2023 les ECNi vers des épreuves dématérialisées nationales et des examens ECNnf (nouvelle formule) pour la promotion transitoire. Trois autres types de questions de connaissances sont désormais possibles lors des épreuves : les QRPL, les QROC et les QZP.

2. Question à nombre de Réponses Précisé parmi une Longue liste de propositions (QRPL) :

Pour répondre à ce type de question, l'étudiant doit cocher un nombre donné de réponses parmi une longue liste de propositions (10 à 25). L'utilisation de ce type de question devrait permettre de diminuer l'impact de l'effet d'indice.

3. Question à réponse ouverte courte (QROC)

Les questions à réponses ouvertes courtes sont des questions ouvertes sur un sujet auquel l'étudiant répond en saisissant un texte libre de maximum 5 mots. Voici un exemple de QROC avec une proposition de réponse.

Si vous évoquez le diagnostic d'érysipèle (dermohypodermite infectieuse) d'un membre inférieur, quelles pourraient être les données cliniques qui renforceraient votre hypothèse diagnostique? (minimum trois données pouvant étayer ce diagnostic sont attendues).

Réponses acceptées par les correcteurs:

- Érythème de jambe en placard
- Fièvre
- Porte d'entrée cutanée (intertrigo, plaie)
- Adénopathie inguinale
- Terrain diabétique

Tableau 1 : Exemple de question à réponse ouverte courte (QROC)

Lorsque la situation clinique est peu contextualisée (comme dans cet exemple), une question à réponse ouverte et courte (QROC) permet d'évaluer les connaissances déclaratives (test de mémoire). Cette évaluation de la performance de la mémoire ne permet pas de décrire des processus de résolution de problème.

4. Question « zone à pointer » (QZP)

Les zones à pointer sont des questions concernant l'identification d'une ou plusieurs zones sur une image donnée à laquelle l'étudiant répond en pointant sur l'écran la ou les zones demandées. Le nombre maximum de zones à pointer présentées est de 5. Ces questions sont conçues pour évaluer les connaissances en anatomie.

5. Les questions à appariement étendu

Les questions à appariement étendu (EMQ pour Extended Matching Questions) sont une variante des QCM utilisé en Amérique du Nord pour évaluer le raisonnement non-analytique (58). Chaque série de questions est basée sur un motif principal de consultation (dyspnée par exemple), suivi d'une longue liste de diagnostics possibles (anémie, pneumonie, etc.). Chaque question représente un ensemble de signes associés au motif de consultation (55 ans, tabagisme 20 PA, toux productive et dyspnée chronique progressive par exemple). Les étudiants doivent choisir au sein de la liste de diagnostics possibles ceux qui sont pertinents compte tenu du regroupement de signes présentés. Ce type de questionnaire évalue les connaissances, et peut être adapté à l'évaluation de la prise de décision clinique, à l'interprétation de données et à certaines activités de résolution de problèmes (59).

Après avoir décrit les modes d'évaluation des connaissances théoriques des étudiants, les méthodes d'analyse du RDI lors de la résolution d'un problème clinique simulé par écrit vont être énumérées. Les moyens qui vont être présentés font tous appel à des présentations cliniques davantage contextualisées.

II. Analyse du RDI lors de la résolution d'un problème clinique simulé par écrit

A. ORM et ORU au cours d'un dossier clinique progressif (DCP)

L'évaluation du raisonnement d'un étudiant peut être réalisée au travers de la résolution d'un dossier clinique présenté de façon progressive, étape par étape. Une vignette clinique initiale est présentée par écrit à l'étudiant puis ce dernier répond à une première question en cochant une ou plusieurs des cinq propositions. D'autres informations sont ensuite présentées (photo, imagerie médicale, résultats de biologie), et l'étudiant est invité à répondre à une nouvelle question et ainsi de suite.

Ce type d'évaluation est utilisé pour départager les étudiants en sixième année de médecine lors des épreuves classantes nationales informatisées entre 2016 et 2023 au cours de 18 dossiers cliniques progressifs comprenant chacun une suite de 15 questions.

Cette méthode d'évaluation présente l'inconvénient de l'indigage des réponses puisqu'elles sont proposées. Rédigée avec un contexte clinique détaillé, cette méthode permet la performance du jugement de l'étudiant, de sa capacité à trouver la bonne réponse à un problème clinique. Néanmoins, elle ne permet pas de préciser les moyens utilisés par l'étudiant pour parvenir à la bonne réponse ou au contraire les raisons pour lesquelles celui-ci n'a pas trouvé la bonne réponse.

B. Questions à réponse ouverte courte (QROC) au cours d'un dossier clinique progressif

De la même façon que des QRM et QRU, les questions à réponse ouverte courte peuvent être utilisées au cours de dossiers progressifs. Cette méthode a été utilisée lors des épreuves classantes nationales (ECN) de 2004 à 2015, avec 9 dossiers cliniques à résoudre. Elle pourrait permettre d'éviter l'indigage des réponses, mais lors des ECN de 2004 à 2015, les étudiants avaient accès à l'ensemble des questions du dossier et pouvaient retrouver des indices de réponses aux premières questions dans les questions suivantes.

Avec la réforme du deuxième cycle des études de médecine mise en place en 2023, les QROC font leur retour pour départager les étudiants en sixième année de médecine. Des contextes cliniques riches seront présentés aux étudiants, suivis des questions de type QRM/QRU ou QROC. L'écueil d'indigage des réponses sera alors évité puisque les QROC seront présentées de façon progressive : l'étudiant ne pourra pas connaître l'intitulé de la deuxième question tant qu'il n'aura pas répondu à la première.

L'évaluation du RDI par les QROC correspond néanmoins à une évaluation globale de la performance et non pas à une évaluation des processus du RDI utilisés pour résoudre le problème. D'autres méthodes doivent être utilisées pour analyser les processus du RDI.

C. L'examen par éléments clés ou Key Features Problems (KFP)

Après la présentation d'une vignette clinique, l'étudiant doit répondre à des questions conçues pour évaluer les éléments clés dans la prise en charge du cas (60). Les questions sont de formats variés, et sont centrées uniquement sur les points critiques ou caractéristiques clés d'un problème (key feature problem) concernant les prises de décisions prioritaires à réaliser soit en urgence, soit à ne pas manquer (décisions les plus importantes). Les KFP ont été conçus pour évaluer la capacité à reconnaître les éléments discriminants d'un problème et les capacités de prise de décision. Plutôt que le simple rappel de connaissances factuelles, les KFP évaluent l'application des connaissances à la résolution d'un problème.

Les KFP sont intégrés aux objectifs de la réforme du deuxième cycle des études de médecine, et présentés dans un dossier progressif court, associant une vignette clinique courte suivie de 3 questions ayant des formats imposés : une QROC, une QRM et une QRPL.

D. Questions de planification clinique (QPC)

Introduites en 2016 par Renaud et coll., cette modalité d'évaluation écrite du raisonnement est centrée sur l'identification des éléments-clés spécifiques des diagnostics différentiels (61). L'idée est de se rapprocher de la pratique clinique, en procédant par comparaison d'un diagnostic avec un autre. Les QPC s'adressent à des étudiants novices et n'évaluent pas l'ensemble du raisonnement clinique mais ciblent la capacité à identifier les éléments-clés discriminants d'un diagnostic différentiel. Les hypothèses diagnostiques à comparer et contraster sont d'ailleurs fournies à l'étudiant de manière à circonscrire uniquement leur capacité à identifier les éléments-clés qui permettront de les différencier. Les QPC favoriseraient une récolte de données cliniques pertinentes et discriminantes (61) et l'apprentissage du raisonnement clinique (62).

Les QPC sont des QROC posées après avoir présenté une vignette clinique succincte et proposé trois hypothèses diagnostiques probables. L'étudiant doit alors proposer six éléments-clés spécifiques (trois pour l'anamnèse et trois pour l'examen physique) pour chacune des trois hypothèses diagnostiques proposées et les inscrire dans un tableau comparatif (figure 24) (61).

Monsieur Verreault est âgé de 84 ans. Il se présente à l'urgence, car il est dyspnéique depuis ce matin. Avant de le rencontrer, vous organisez votre pensée.

À partir des trois hypothèses diagnostiques proposées, complétez le tableau en identifiant les éléments du questionnaire et de l'examen physique qui sont les plus discriminants (spécifiques) pour distinguer chacune des trois conditions pathologiques. Si un élément est commun aux trois diagnostics (ex. : dyspnée), ce n'est pas un élément discriminant. Inscrire une seule réponse par case.

Dyspnée aigüe			
Diagnostic	Insuffisance cardiaque décompensée	Pneumonie	Embolie pulmonaire
Éléments discriminants à l'histoire :	1.	1.	1.
	2.	2.	2.
	3.	3.	3.
Éléments discriminants à l'examen physique :	1.	1.	1.
	2.	2.	2.
	3.	3.	3.

Figure 24 : Illustration de QPC (questions de planification clinique), d'après Renaud et coll. (61)

E. Test de concordance de script (TCS)

Ce test compare l'organisation des connaissances (les scripts) des candidats à celle d'experts du domaine pour résoudre une vignette clinique pour laquelle plusieurs hypothèses sont pertinentes. Le format de question consiste à présenter une de ces hypothèses et à demander quel effet aurait sur l'hypothèse la découverte d'une donnée complémentaire. Le TCS est conçu pour mesurer la capacité à résoudre des problèmes en contexte d'incertitude en présentant aux candidats une série de cas cliniques et en leur demandant de prendre des décisions diagnostiques, d'investigation ou de traitement pour chaque élément d'information clinique supplémentaire communiqué. Le système d'établissement des scores est conçu pour mesurer le degré de similitude entre le script du candidat et ceux de médecins expérimentés composant un panel de référence, d'où le nom de test de concordance. Charlin et coll. proposent l'exemple suivant comme illustration du TCS (figure 25) (63).

Questionnaire diagnostique

Scénario clinique :

Une patiente de 63 ans est hospitalisée en urgence pour une première crise de colique néphrétique droite. Les douleurs cèdent sous la prise d'antalgiques et il n'y a pas de fièvre. La bandelette urinaire montre 3 croix de sang, la radiographie d'abdomen sans préparation en urgence semble normale.

Si vous pensez à (option diagnostique)	Et qu'alors vous trouvez (nouvelle information clinique)	L'effet sur l'hypothèse diagnostique est le suivant
1- Tumeur urothéliale	Échographie rénale normale	-2 -1 0 +1 +2
2- Lithiase radio transparente	PH urinaire à 5,5	-2 -1 0 +1 +2

Entourez la proposition qui vous semble adéquate :

- 2 l'hypothèse est pratiquement éliminée ;
- 0 l'information n'a aucun effet sur l'hypothèse ;
- +2 il ne peut s'agir pratiquement que de cette hypothèse.

- 1 l'hypothèse devient moins probable ;
- +1 l'hypothèse devient plus probable.

Figure 25 : Exemple d'un TCS destiné à des internes en urologie (63)

Selon Charlin et coll., « le test permet de mesurer le degré d'organisation des connaissances, de vérifier si les connaissances sont élaborées, c'est-à-dire organisées pour agir efficacement dans le contexte clinique. Le test vise à mesurer l'adéquation des liens au sein des connaissances cliniques, plutôt que la simple présence des éléments de ces connaissances » (63). Ainsi, le TCS mesure des processus de raisonnement jugés essentiels, non simplement la performance d'un raisonnement.

F. Questionnaire d'analyse des stratégies de résolution de problèmes

Ce type de questionnaire, élaboré par Pottier et coll., vise à identifier rétrospectivement le type de stratégie utilisé par des étudiants qui ont résolu un problème clinique écrit (56). Trois possibilités de stratégies ont été établies: le raisonnement hypothético-déductif, le raisonnement basé sur des organigrammes décisionnels et le raisonnement non analytique par reconnaissance de forme (56). Dans cette étude, les étudiants interrogés ont déclaré a posteriori avoir principalement utilisé un processus non analytique (un étudiant sur deux) ou un processus basé sur des organigrammes (un étudiant sur trois) qu'un processus hypothético-déductif (un étudiant sur quatre).

Les questionnaires a posteriori sont donc une méthode possible d'évaluation du raisonnement, se basant sur la déclaration des sujets. Néanmoins, un tel questionnaire ne permet pas d'évaluer avec précision les différents processus mis en œuvre par l'étudiant et il peut exister un biais de mémorisation.

G. Raisonnement à voix haute lors de la résolution d'un cas simulé à l'écrit

1. L'analyse du RDI grâce à l'utilisation de cartes conceptuelles

La carte conceptuelle est une représentation de l'organisation des connaissances d'un individu sur un sujet. Elle figure des concepts et leurs liens, qui peuvent être de différentes natures.

Cet outil est utilisé pour clarifier les concepts et organiser les connaissances. Il permet de mettre en évidence des conceptions erronées d'un individu sur un sujet, que ce soit la présence de connexions erronées ou l'absence de connexion entre deux concepts (64).

Ainsi, les cartes conceptuelles peuvent être utilisées comme moyen d'évaluation des acquis d'apprentissage. De plus, la remédiation des connaissances inexacts basée sur la carte réalisée par l'étudiant puis de la critique de certaines connexions par un enseignant, permet de consolider des connaissances organisées en réseau. West et coll. illustrent cette méthode d'évaluation des connaissances avec l'exemple des crises convulsives (seizures en anglais) (figure 26) (65).

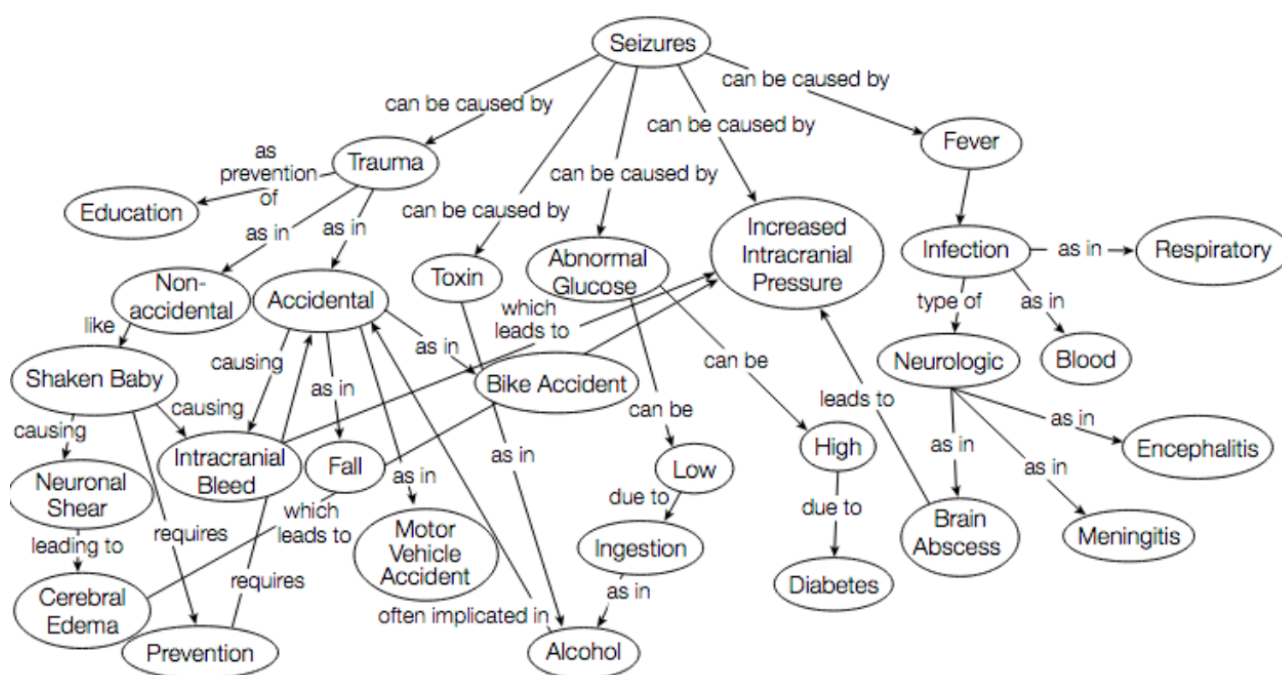


Figure 26 : Carte conceptuelle permettant l'évaluation des connaissances d'un étudiant sur les crises convulsives (65)

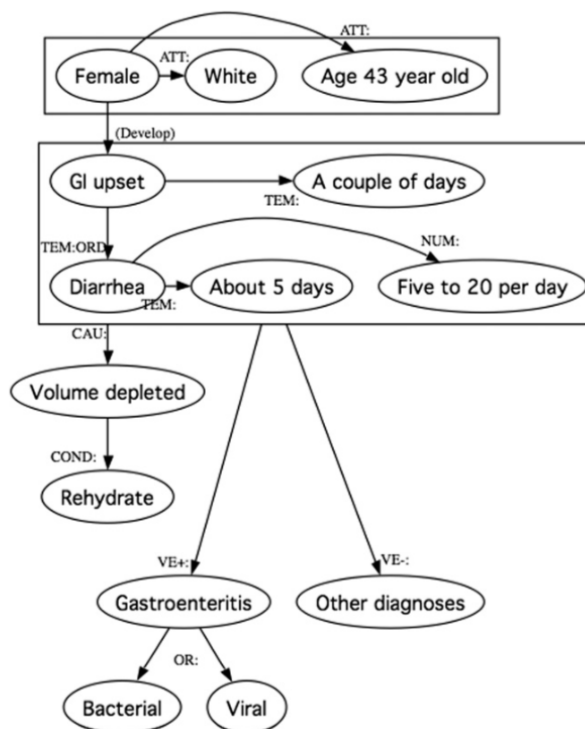


Figure 27 : Carte conceptuelle permettant de représenter le RDI d'un clinicien (66)

Par ailleurs, cet outil peut également être utilisé lors de la résolution de problèmes cliniques. Une étude visant à analyser les stratégies de résolution de problème utilisées par des cliniciens a permis d'illustrer le raisonnement clinique grâce à ce type de représentation (figure 27) (66).

Dans cette étude, plusieurs étapes étaient nécessaires pour obtenir cette carte conceptuelle. Une vignette clinique écrite était présentée au sujet évalué. Une fois la vignette lue, il était demandé au sujet de dire tout ce dont il se rappelait du cas clinique puis de donner une explication physiopathologique du cas clinique et enfin de donner un diagnostic principal et des diagnostics différentiels.

2. Cartes procédurales

En 2010, Pottier et coll. ont mis au point une méthode originale de représentation cartographique du raisonnement clinique permettant d'illustrer les principales stratégies de résolution de problème connues (inductives et déductives) (67,68). Ces représentations des activités cognitives mises en œuvre pendant le RDI sont apparentées aux cartes conceptuelles, et ont été dénommées "cartes procédurales". Elles ont été élaborées par une tierce personne au fur et à mesure que les participants résolvaient à haute voix quatre problèmes cliniques simulés par écrit. Cinq séquences unitaires de raisonnement préalablement définies (raisonnement non analytique, par résumé syndromique, par organigrammes décisionnels, catégoriel et déductif) ont été systématiquement recherchées et dénombrées sur les cartes.

Etudiant en
DCEM3

[illegible]

61

III. Méthodes d'analyse du RDI lors de la résolution d'un problème clinique en consultation (simulée ou réelle)

A. Evaluation formative des étudiants lors des stages cliniques

L'évaluation du raisonnement d'un étudiant peut se faire en "vie réelle", lors des stages. Plusieurs modalités de supervision sont possibles en stage : directe, lorsque le superviseur observe la consultation menée par l'étudiant ou indirecte lorsque l'étudiant réalise la consultation en l'absence du superviseur et lui rapporte ultérieurement les éléments de la consultation. Les savoirs évalués sont principalement le savoir être (les attitudes) et le savoir faire (les habiletés) et indirectement les savoirs théoriques déclaratifs.

1. Indices orientant vers certains écueils du raisonnement

Sanche, Audétat et Laurin (42,69–73) proposent des moyens d'identifier les difficultés des étudiants pour chaque étape du raisonnement en recherchant des indices pouvant être observés en supervision directe ou indirecte ou à partir des notes du dossier clinique. Ci-dessous sont présentés les indices permettant de suspecter trois types d'écueil possibles pouvant être observés chez des étudiants présentant des difficultés de raisonnement.

a) Des difficultés dans la génération des hypothèses, la perception des indices et l'orientation de la récolte de données

- Indices observables en supervision directe
 - L'étudiant ne sélectionne pas les éléments clés.
 - L'étudiant ne pose pas les questions clés.
 - Le questionnaire ou l'examen clinique sont stéréotypés et non ciblés.
- Indices observables en supervision indirecte
 - La présentation du cas ne fait pas ressortir les éléments clés.
 - La présentation est déstructurée, sans fil conducteur.
 - Difficultés à faire une transformation sémantique.
- Indices observables dans les notes du dossier
 - Les éléments clés ne sont pas organisés.
 - Excès de détails non pertinents.
 - Absence d'éléments clés qui servent à exclure d'autres hypothèses que celle retenue.

b) Fermeture prématurée d'hypothèse

- Indices observables en supervision directe
 - Recherche seulement les données qui confirment son unique hypothèse diagnostique.
 - N'explore pas les indices pouvant mener à d'autres hypothèses.
 - Ne clarifie ou ne vérifie pas les plaintes du patient.
- Indices observables en supervision indirecte
 - Ne discute pas d'autres hypothèses diagnostiques possibles.
- Indices observables dans les notes du dossier
 - Absence d'éléments clés qui servent à exclure d'autres hypothèses que celle retenue.
 - Absence de diagnostic différentiel.

c) Difficulté de priorisation

- Indices observables en supervision directe
 - Structure de l'entrevue rigide ou inappropriée.
 - Parmi plusieurs plaintes du patient, pas d'identification du problème prioritaire, ni d'orientation de l'entrevue dans cette perspective.
 - L'étudiant consacre du temps à explorer un élément secondaire.
 - Pas de caractérisation détaillée de la plainte principale.
 - Entrevue qui "ne se passe pas bien", mauvaise gestion, insatisfaction du patient, difficultés de communication.
- Indices observables en supervision indirecte
 - Diagnostic qui ne correspond pas à ce qu'on attend.
 - Difficulté pour le superviseur à se représenter la situation, incapacité de l'interne à faire une synthèse des éléments recueillis.
- Indices observables dans les notes du dossier
 - Notes qui manquent de synthèse.
 - Manque de détails pour caractériser le problème prioritaire ou excès de détails sur des éléments secondaires.

Étapes	Démarche
1	Intuition-suspicion/détection de la difficulté de raisonnement
2	Recueil des données sur la difficulté de raisonnement (par génération et vérification d'hypothèses pédagogiques)
3	Impression diagnostique pédagogique
4	Investigation/recherche d'explications et de causes
5	Diagnostic final/représentation globale de la situation pédagogique
6	Plan d'intervention pédagogique

Figure 29 : Étapes de la démarche de diagnostic pédagogique (69)

Avec ces indices, l'enseignant peut émettre des hypothèses explicatives concernant les causes des difficultés. Audétat et coll. procèdent par étapes pour identifier les difficultés de l'étudiant (figure 29) (69).

Cette approche peut permettre de révéler des difficultés de raisonnement et de générer des hypothèses explicatives concernant ces difficultés. Néanmoins, certains indices sont peu discriminants, puisqu'ils se retrouvent dans plusieurs catégories proposées, tels que l'absence de diagnostics différentiels proposés. De plus, une démarche supplémentaire est nécessaire pour identifier précisément les raisons pour lesquelles l'étudiant ne génère pas les bonnes hypothèses. Est-ce liée à un défaut quantitatif de connaissances ou bien dans la qualité de l'indexation des connaissances? Est-ce lié à des difficultés dans la sélection des données pertinentes ou une dispersion de l'étudiant?

2. Mini Clinical Evaluation Exercise (mini CEX)

Le CEX implique l'observation d'un étudiant dans son interaction avec le patient (supervision directe). Le mini CEX consiste en l'observation de l'étudiant dans de multiples contextes cliniques courts en présence d'un enseignant qui complète une grille d'observation centrée sur l'acquisition d'une compétence (74). Cette observation directe de l'étudiant est suivie d'un débriefing basé sur les critères qualitatifs attendus de la grille. Par exemple, les critères attendus pour la réalisation d'un acte technique peuvent être évalués.

Une étude multicentrique impliquant 12 services de médecine interne français a évalué l'utilisation de trois grilles pendant six mois : une grille d'observation de l'examen clinique, une grille d'observation de compétences relationnelles et une grille d'évaluation de compétences génériques (75). Ces grilles ont détecté une progression des internes pour la plupart des items entre le premier et le sixième mois.

Après avoir décrits ces deux méthodes d'analyse du RDI en contexte réel (stage), nous allons détailler les moyens permettant de l'évaluer lors de consultations simulées.

B. Evaluation du RDI au moyen de consultations simulées

1. Au travers de l'analyse d'une vidéo de la consultation simulée

L'enregistrement vidéo de consultations simulées peut permettre d'évaluer le raisonnement. Nendaz, (24,76) dans une étude menée sur une succession de sept consultations simulées réalisées par des internistes expérimentés et un patient standardisé, a pu révéler que les caractéristiques associées au succès diagnostique étaient les suivantes:

- Les questions clés sont posées précocement.
- Les plaintes du patient sont clarifiées.
- Les informations recueillies sont résumées et synthétisées.
- Le diagnostic final est généré et évalué précocement.

2. Au travers de l'enregistrement du discours du clinicien qui raisonne à voix haute

Des études sur le discours de cliniciens raisonnant à voix haute, réalisées par Lemieux et Bordage (20,21) ont montré que la transformation sémantique ayant lieu au cours de la phase inductive permet de contraster les hypothèses et oriente efficacement vers une solution diagnostique au problème clinique.

De plus, Bordage propose une classification du discours des médecins en quatre catégories selon l'organisation de leurs connaissances et leur capacité à comparer et contraster les hypothèses en utilisant les données cliniques (24,49,77).

Les connaissances peuvent être :

- réduites lorsque le discours ne révèle ni effort de transformation sémantique, ni connexion entre les données du patient et les connaissances ;
- dispersées lorsqu'il existe quelques transformations sémantiques, mais que les hypothèses sont désordonnées, ne se réfèrent pas aux données obtenues et sont listées sans être comparées et contrastées les unes aux autres ;
- élaborées lorsque les transformations sémantiques sont nombreuses et utilisées à bon escient pour comparer et contraster les hypothèses ;
- compilées lorsque le clinicien reconnaît d'emblée un ensemble sémantique de données cliniques qu'il associe à une hypothèse clinique.

3. Au travers de l'évaluation de l'examen clinique objectif et structuré (ECOS)

L'examen clinique objectif et structuré (ECOS) évalue la démarche clinique par observation directe à partir de situations cliniques simulées et standardisées. Tous les candidats sont soumis aux mêmes tâches cliniques. Chaque étudiant est confronté à de multiples stations de simulation de prise en charge d'un patient, qui peut être un acteur ou un mannequin de haute fidélité. Les différentes stations d'évaluation réalisées sont censées reproduire les compétences visées, principalement en sémiologie (entretien médical, examen physique, analyse des signes cliniques, analyse d'un examen complémentaire). Pour chacune des stations l'évaluateur utilise une grille d'observation prédéfinie.

L'arrêté du 2 septembre 2020 du journal officiel concernant la réforme du deuxième cycle des études de médecine indique que les ECOS sont : « destinés à vérifier les compétences acquises par les étudiants et notamment leur capacité à développer un raisonnement clinique et à résoudre des problèmes. »

356 situations cliniques de départ sont listées dans cet arrêté:

1. constipation
2. diarrhée
3. distension abdominale
4. douleur abdominale
5. ...

La grille d'évaluation est préalablement établie en fonction des objectifs attendus. La composition des éléments évalués est propre à chaque faculté de médecine. Lors de chaque consultation simulée, un médecin sénior évalue l'étudiant en indiquant sur cette grille si les critères attendus sont réalisés.

Cette méthode d'évaluation présente donc de nombreux avantages : standardisée, elle permet d'évaluer les étudiants de façon reproductible. Des comparaisons entre étudiants peuvent être effectuées.

Cependant, l'évaluation pourrait être réalisée par un enseignant qui n'est pas confronté à la situation clinique dans sa pratique courante. Un ophtalmologue pourrait par exemple évaluer un étudiant sur un dossier d'obstétrique. Ce mode d'évaluation sera utilisé en France pour classer les étudiants à partir de 2024 et risque de se focaliser sur la performance globale et non sur le cheminement de l'étudiant pour résoudre le dossier clinique.

C. Evaluation formative au cours de sessions d'ARC (apprentissage du raisonnement clinique):

Les sessions d'apprentissage du raisonnement clinique, développées par Chamberland (78), sont des sessions de formation des étudiants en petit groupe au cours desquelles un des étudiants présente aux autres un problème clinique.

La particularité de ces sessions est le moyen de présenter le cas clinique, qui a lieu sous la forme d'un jeu de rôle durant lequel l'étudiant ayant été confronté au cas joue le rôle du patient et l'ensemble des autres étudiants jouent le rôle du médecin. Après avoir exposé les éléments de contexte, l'âge, le sexe et le motif de consultation, l'étudiant source se met à la disposition du groupe et fournit différentes données sur la demande explicite des autres membres. Chaque question posée doit être justifiée. Chaque nouvelle donnée apportée doit être interprétée pour établir une nouvelle représentation du problème.

Un enseignant observe le groupe, et peut intervenir en faisant préciser aux étudiants leur démarche: Quelles sont les hypothèses diagnostiques? Qu'est-ce que l'étudiant attend de la réponse à la question qu'il pose?

Lors de cette approche, le niveau des étudiants peut être évalué, notamment dans le cas où ils présentent des difficultés à évaluer la pertinence des données recherchées ou à formuler une synthèse du dossier. Une remédiation peut également être effectuée au cours de cette évaluation formative.

Les sessions d'ARC permettent donc de rétablir des liens fonctionnels entre des données cliniques lors de l'évaluation, au moment où l'étudiant est activement impliqué dans la mobilisation de ses connaissances.

Au total, les différentes méthodes d'analyse du RDI décrites sont complémentaires. Néanmoins, il est extrêmement difficile d'accéder aux processus du raisonnement en contexte clinique authentique (avec de vrais patients) ou simulé (avec des patients standardisés comme dans les ECOS par exemple). Certaines méthodes d'évaluation du RDI se focalisent sur la performance du raisonnement (questionnaires tels que QRM, QROC). D'autres ciblent l'analyse d'une partie du raisonnement (KFP, QPC ou TCS). Les outils d'évaluation du raisonnement clinique en tant que compétence intégrée à la prise en charge du patient manquent.

OBJECTIFS

L'objectif de ce travail était de valider une méthode de recueil standardisée des processus du RDI basée sur l'analyse de la résolution d'une vignette clinique par des étudiants en médecine.

L'objectif était double:

- 1) Élaborer un outil descriptif qui permette de retrouver a posteriori les grandes étapes de raisonnement des étudiants, constituant une analyse descriptive séquentielle de leur démarche diagnostique.
- 2) Analyser pour chaque étudiant les différents types de raisonnement présentés précédemment grâce à des paramètres calculés à partir des processus connus du RDI.

MÉTHODES :

Une application nommée RAIMED a été conçue pour répondre à l'objectif.

Cette partie débute par la présentation du **fonctionnement** de la simulation numérique permettant de recueillir des éléments du RDI lors de la résolution d'un problème clinique **(I)**.

Les **étudiants** concernés et la formation leur permettant de participer à une séance d'évaluation de l'application seront présentés **(II)**.

Le déroulement de la **séance** d'analyse des processus du RDI des étudiants utilisée pour **évaluer** l'application sera décrit **(III)**.

Après une correction des données recueillies lors de cette séance, des **paramètres quantitatifs** du RDI calculés grâce à ces données et les différentes possibilités d'affichage des résultats obtenus seront présentés (engramme et radar) **(IV)**.

Les critères permettant de **valider** ces paramètres seront présentés: les scores de justesse diagnostique, de l'approche d'apprentissage en profondeur et de connaissances théoriques **(V)**.

Enfin, les **tests statistiques** réalisés seront brièvement décrits **(VI)**.

I. Conception d'une application d'analyse des processus du RDI appelée RAIMED

Une application, nommée **RAIMED**, a été développée sous Windows à l'aide des outils de programmation Visual FoxPro et Visual Basic pour analyser le RDI des étudiants lorsqu'ils résolvent un problème clinique. Nous allons présenter le fonctionnement de cette application, depuis la conception d'une vignette clinique jusqu'au recueil des données élémentaires du RDI.

Nous illustrerons les différentes fonctions de RAIMED présentées en utilisant la vignette clinique conçue pour la séance d'analyse du RDI utilisée pour évaluer l'application.

A. Préparation et codage d'un problème clinique

1. Choix de la vignette clinique

Le point de départ de notre méthode d'analyse du RDI est le **choix d'une vignette clinique** dont l'intérêt pédagogique dépend d'objectifs préalablement fixés.

La vignette clinique pouvant varier selon la thématique travaillée (spécialité d'organe ou thématique transversale), selon le niveau de difficulté ou encore selon les types de raisonnement pouvant être mis en œuvre (interprétations, catégories syndromique, anatomique ou physiopathologique, organigrammes logiques, etc.). Les champs explorés peuvent être nombreux : démarche diagnostique ou démarche décisionnelle, en contexte de gestion de l'urgence vitale ou d'un problème nécessitant l'intégration d'éléments de contexte du patient (vision globale), etc.

L'objectif pédagogique était le suivant : analyser la **démarche diagnostique** d'étudiants confrontés à une **vignette sémiologique transversale**. Les étudiants concernés étaient en troisième année d'études de médecine, niveau au cours duquel un des principaux objectifs académiques est l'apprentissage de la sémiologie. Plus précisément, notre objectif était d'analyser leur capacité à utiliser les critères sémiologiques enseignés en vue de proposer plusieurs diagnostics.

Une vignette clinique a été rédigée par deux experts du raisonnement diagnostique transversal, professeurs en médecine interne, enseignants des processus du raisonnement clinique à la faculté de médecine de Nantes (Prs Planchon et Pottier). La vignette était transversale, factice, inspirée de situations vécues et se prêtait à différentes formes de raisonnement : basé sur des organigrammes logiques, sur des catégories syndromiques et physiopathologiques, avec de nombreuses interprétations à réaliser. Par ailleurs, des données sans lien avec la résolution du cas étaient présentes (éléments distracteurs). La difficulté de la vignette était considérée comme intermédiaire. Les quatre points d'appel clinique étaient : œdèmes des membres inférieurs, dyspnée, ictère et amaigrissement. Le problème débute avec la présentation d'un homme de 64 ans, qui consulte pour des œdèmes des membres inférieurs. L'intégralité de la vignette clinique est disponible en annexe 3.

2. Conception et codage de la vignette clinique

Une fois la vignette clinique choisie, une mise en forme de celle-ci est nécessaire pour l'intégrer à l'application RAIMED. Elle doit être transformée de façon à être présentée **étape par étape**. La vignette clinique est ainsi divisée en plusieurs parties de façon à privilégier une collecte progressive des données utiles pour le raisonnement de l'étudiant.

En outre, une **sélection de données pertinentes** permettant d'aboutir aux diagnostics doit être identifiée. Cette sélection de données essentielles permet le calcul de la concision et/ou dispersion de l'étudiant, paramètres qui seront détaillés ultérieurement.

Des nœuds discriminants peuvent être identifiés et numérotés. Pour rappel, ces données permettent de progresser depuis les faits vers les hypothèses en utilisant des nœuds décisionnels binaires basés sur des signes discriminants.

La vignette établie pour l'analyse du raisonnement des étudiants a été divisée en trois parties. La première était affichée ligne par ligne, de façon à promouvoir la prise en compte progressive des données dans le raisonnement. Les données pertinentes et des nœuds discriminants ont été identifiés.

3. Conception et codage des diagnostics et du scénario

Une fois le découpage du dossier effectué, une **liste des principaux diagnostics** de la vignette clinique est établie. D'autre part, un **“scénario”** illustrant l'ordre chronologique d'apparition des processus pathologiques est réalisé. Les données de l'énoncé permettant de réaliser ce scénario sont relevées.

Dans notre exemple, les diagnostics du patient factice étaient une insuffisance cardiaque droite décompensée par une embolie pulmonaire, survenant dans les suites d'une phlébite favorisée par un adénocarcinome pancréatique.

La scénarisation proposée pour expliquer le symptôme initial (œdèmes des membres inférieurs) est la suivante :

1. cancer du pancréas
2. asthénie, amaigrissement
3. diminution de la déambulation (confinement chez lui favorisant la stase veineuse)
4. phlébite
5. embolie pulmonaire
6. hypertension artérielle pulmonaire
7. insuffisance cardiaque droite
8. œdème des membres inférieurs

Le codage de la vignette se termine lorsqu'elle a été intégralement retranscrite sous la forme d'un tableau, la première colonne représentant les données de l'énoncé, et les autres les qualificatifs retenus : pertinence de la donnée, donnée identifiée ou non comme un noeud discriminant et numéro de celui-ci, donnée intégrée ou non dans la scénarisation et numéro dans le scénario ...

Une fois codée, la vignette clinique peut être présentée aux étudiants. Nous allons ensuite présenter la méthode permettant de recueillir des informations sur le RDI des étudiants lors de la résolution du problème clinique.

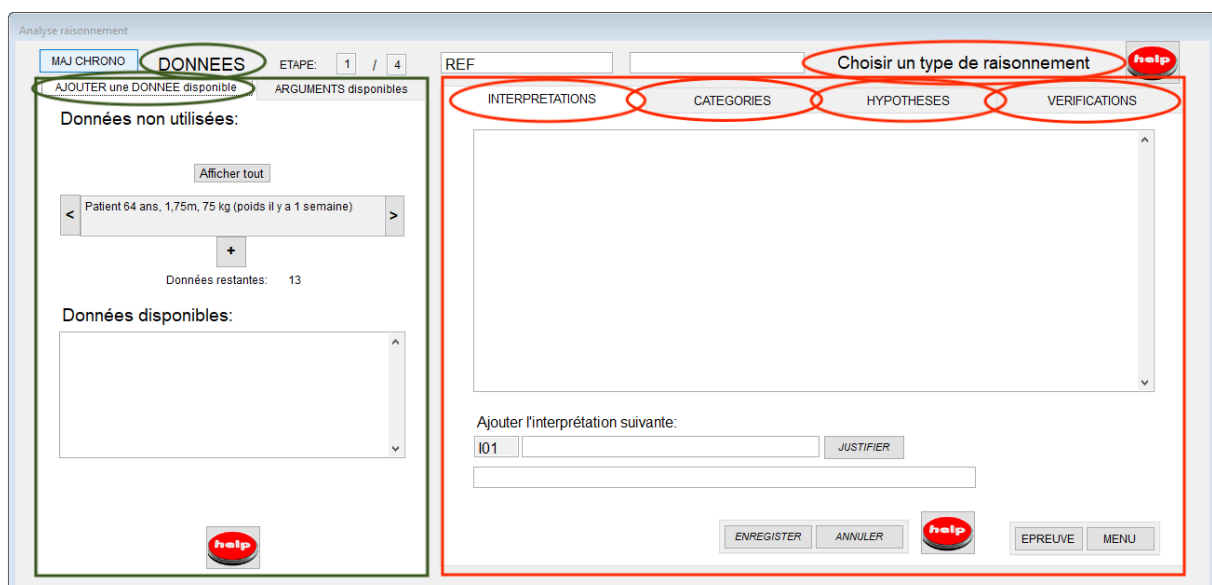
B. Recueil des données du RDI lors de la résolution du problème

Lors de la résolution du dossier clinique, l'étudiant génère lui-même des informations concernant son raisonnement en utilisant l'application RAIMED sous Windows à l'aide d'un clavier et d'une souris. L'application est présentée en deux parties :

- à gauche, la partie "**Données**"
- et à droite la partie "**Choisir un type de raisonnement**" (figure 30).

La partie de gauche (rectangle vert de la figure 30) présente deux onglets. Le premier permet de sélectionner des données de l'énoncé jugées intéressantes par l'étudiant pour résoudre le problème clinique. Les données ainsi relevées sont déplacées dans la fenêtre appelée "**Données disponibles**", désignées en arrière plan par l'application comme **inductives**, et indexées par ordre chronologique de sélection : D01, D02, D03...

Le deuxième onglet regroupe les "**Arguments disponibles**" qui est la somme des "Données disponibles" et des raisonnements effectués (interprétations, catégories, hypothèses et vérifications).



**Figure 30 : Séparation de l'application RAIMED en deux onglets.
A gauche la sélection des données. A droite les types de raisonnement.**

La partie de droite (rectangle rouge de la figure 30) permet à l'étudiant de sélectionner le type de son raisonnement à partir des quatre onglets suivants :

- **Interprétations**
- **Catégories**
- **Hypothèses**
- **Vérifications**

De ce fait, il appartient à l'étudiant de choisir quel type de raisonnement il souhaite effectuer parmi les quatre disponibles et d'écrire, à l'aide de son clavier, l'intitulé qu'il souhaite lui donner. Il peut en utiliser autant qu'il le souhaite à chaque ligne de l'énoncé. Au fur et à mesure, ses lignes de raisonnement sont indexées avec une lettre qui les identifie :

- I01, I02, etc. pour ses interprétations
- C01, C02, etc. pour ses catégories
- H01, H02, etc. pour ses hypothèses

Les **justifications** de ces lignes de raisonnement sont sélectionnées dans l'onglet "Arguments disponibles", qui cumule les données de l'énoncé sélectionnées par l'étudiant et les lignes de raisonnement qu'il a déjà effectuées (une interprétation peut, par exemple, être utilisée pour justifier une catégorie).

Par ailleurs, les **vérifications d'hypothèses** s'effectuent soit à partir de données supplémentaires demandées par l'étudiant, soit à partir de nouvelles données de l'énoncé. Elles sont ajoutées à la liste des données disponibles : D04, D05, etc. La recherche de données supplémentaires est désignée en arrière-plan comme un type de raisonnement **déductif**. Cela permettra ultérieurement le calcul d'une proportion entre induction et déduction.

Nous allons désormais détailler le fonctionnement des différents onglets, en utilisant comme illustration la vignette clinique qui a servi lors de la séance d'analyse du RDI d'étudiants utilisée pour évaluer l'application RAIMED.

1. Onglet de sélection de données utiles pour le raisonnement

Les données de l'énoncé, présentées ligne par ligne, ne sont pas directement utilisables pour le raisonnement. L'étudiant doit d'abord les sélectionner grâce à l'onglet "**DONNÉES**" (rectangle vert de la figure 30).

Aller à l'onglet "**Ajouter une donnée disponible**" lui permet d'utiliser les flèches pour faire dérouler les différentes lignes du texte et d'en transférer certaines dans ses "Données disponibles" en cliquant sur le signe "+" (figure 31).

Les étudiants avaient comme consigne de n'ajouter QUE les éléments de l'énoncé qui leur semblaient pertinents et étaient informés que les données pertinentes avaient été préalablement codées par les auteurs dans le but de calculer la concision ou à contrario la dispersion de leur raisonnement, ainsi que leur exhaustivité dans la sélection des données pertinentes.

Chaque fois que l'étudiant enregistrait une donnée, l'information concernant l'étape à laquelle il se trouvait était automatiquement enregistrée ainsi qu'une donnée temporelle en secondes.

La figure 31 montre comment sélectionner la cinquième ligne de l'énoncé: "Il exprime des difficultés pour retirer ses chaussures le soir" pour l'intégrer aux "Données disponibles".

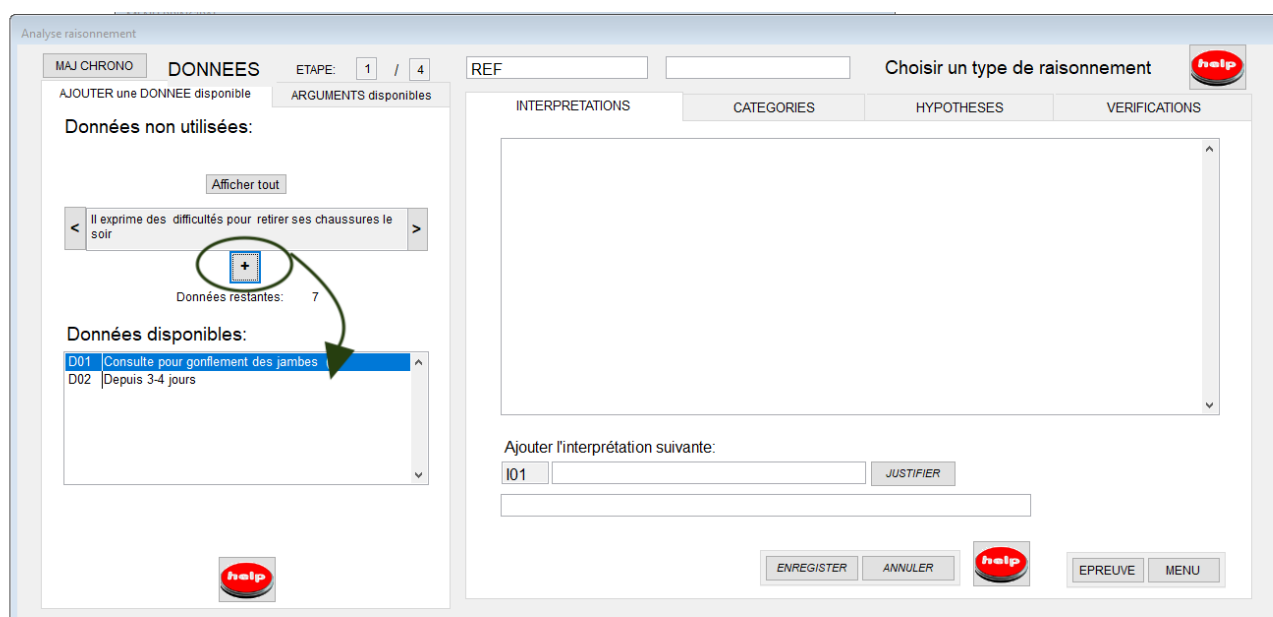


Figure 31 : Onglet de sélection des données utiles pour le raisonnement

2. Les onglets de raisonnement : “Interprétations”, “Catégories” et “Hypothèses”

La partie de droite (rectangle rouge de la figure 30) permet à l'étudiant de sélectionner le type de raisonnement qu'il souhaite effectuer. Nous allons présenter le fonctionnement de l'onglet “Interprétations”. Les onglets “Catégories” et “Hypothèses” fonctionnent sur le même principe et sont présentés en annexes 4 et 5.

L'interprétation consiste en la traduction de certaines données sélectionnées en concepts utiles pour le raisonnement. Interpréter, c'est donner un sens à un élément de l'énoncé. Pour utiliser l'onglet “Interprétations”, l'étudiant doit sélectionner une ou plusieurs “Données disponibles” depuis la colonne “Arguments disponibles” et rédiger l'interprétation qu'il propose.

Concernant la même vignette clinique, l'interprétation I01 “œdèmes à recrudescence vespérale (majorés le soir)” peut être proposée et justifiée par la donnée D03 : “Il exprime des difficultés pour retirer ses chaussures le soir” (figure 32). Une fois rédigée, cette interprétation vient s'ajouter aux “Arguments disponibles”.

The screenshot shows the 'Analyse raisonnement' application window. At the top, there's a header with 'MAJ CHRONO', 'DONNEES', 'ETAPE: 1 / 4', and a 'REF' field. Below this, a tabbed interface is visible with tabs for 'AJOUTER une DONNEE disponible', 'ARGUMENTS disponibles', 'INTERPRETATIONS', 'CATEGORIES', 'HYPOTHESES', and 'VERIFICATIONS'. The 'ARGUMENTS disponibles' tab is active, showing a list of data items: D01 (Consulte pour gonflement des jambes (6)), D02 (Depuis 3-4 jours), and D03 (Il exprime des difficultés pour retirer ses chaussures). The 'INTERPRETATIONS' tab is also visible. In the 'INTERPRETATIONS' tab, there's a section 'Ajouter l'interprétation suivante:' with a text input field containing 'I01 Oedèmes à recrudescence vespérale (maiori)' and a dropdown menu showing 'D03'. Below this, there's a text input field containing 'Il exprime des difficultés pour retirer ses chaussures le'. At the bottom, there are buttons for 'ENREGISTRER', 'ANNULER', 'EPREUVE', and 'MENU'. A red circle highlights the 'INTERPRETATIONS' tab, and another red circle highlights the interpretation entry for I01.

Figure 32 : Onglet de création d'interprétations de données

3. Onglet de vérifications des hypothèses

Trois fonctionnalités sont intégrées à l'onglet "VÉRIFICATIONS". Après avoir cliqué sur une des hypothèses à vérifier, l'étudiant choisit une des trois propositions d'un menu déroulant (figure 33).

Choisir ci dessous le sens de la justification de votre hypothèse:

Valide ou augmente sa probabilité
Valide ou augmente sa probabilité
Diminue sa probabilité
Suggère une question complémentaire

sur les arguments disponibles suivants

Pour:

Figure 33 : Menu de choix du type de vérification

Les deux premières propositions s'effectuent à partir d'arguments disponibles, soit pour indiquer que l'argument valide ou augmente la probabilité de l'hypothèse, soit pour indiquer qu'il diminue sa probabilité. La troisième proposition permet à l'étudiant de poser une question complémentaire lorsqu'il manque dans l'énoncé certaines données indispensables pour valider ou infirmer l'hypothèse. La question peut concerner un élément de l'anamnèse, de l'examen physique ou un examen paraclinique. Les questions posées à un moment du dossier sont susceptibles de trouver leurs réponses dans la partie suivante. Elles sont indexées avec les données.

Concernant la vignette clinique, il est possible de proposer la vérification D07 : "Protéinurie à la bandelette urinaire?" pour confirmer ou infirmer l'hypothèse H03 "Hypoalbuminémie par protéinurie" (figure 34).

Analyse raisonnement

MAJ CHRONO DONNEES ETAPE: 1 / 4 REF

AJOUTER une DONNEE disponible ARGUMENTS disponibles

INTERPRETATIONS CATEGORIES HYPOTHESES VERIFICATIONS

Vérifications enregistrées

Cliquer sur une hypothèse à vérifier:

H01 *Insuffisance cardiaque droite
H02 &Décompensation hépatique oedémato-ascitique
H03 &Hypoalbuminémie par protéinurie

R01 &Hypoalbuminémie par protéinurie

Protéinurie à la bandelette urinaire?

Valider la question

Posez votre première question ci-dessus et validez là!

ENREGISTRER ANNULER EPREUVE MENU

Figure 34 : Onglet de vérification des hypothèses

4. Données en lien avec des vérifications d'hypothèse

À partir de la deuxième étape de l'énoncé, il est demandé à l'étudiant si la donnée sélectionnée répond à une question posée ou non. S'il indique qu'il a recherché cette donnée, alors l'application lui propose de sélectionner parmi ses vérifications celle qui correspond.

Par exemple, il est possible de choisir parmi les vérifications la donnée D07 : “Protéinurie à la bandelette urinaire?” pour indiquer que la donnée “BU négative” a été recherchée (figure 35).

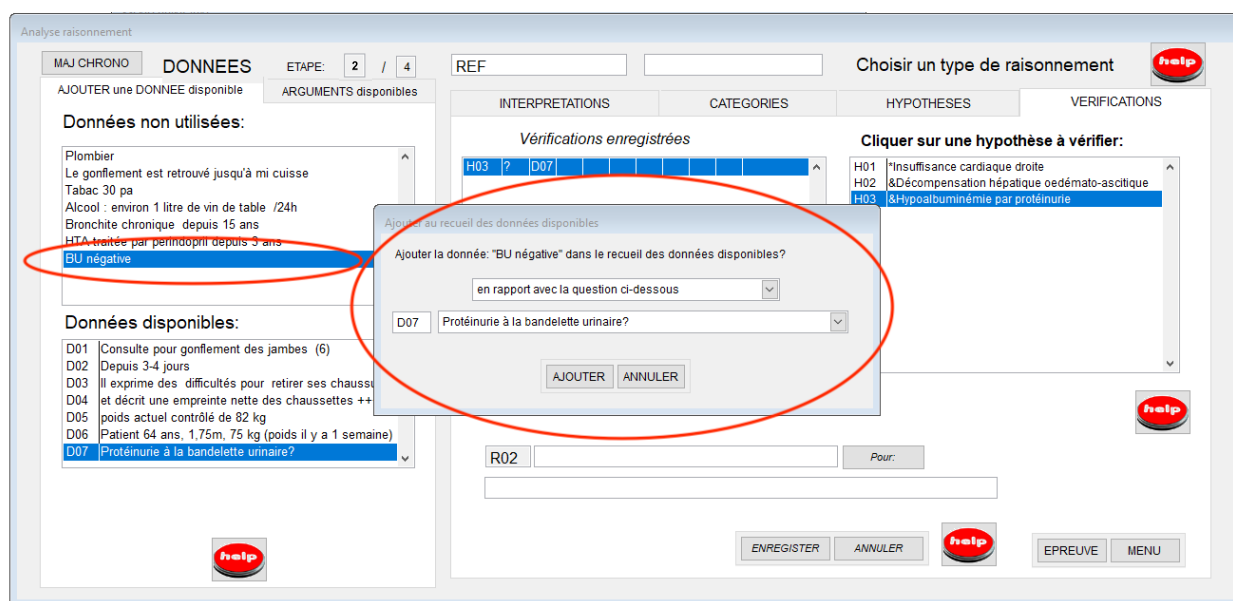


Figure 35 : Menu permettant d'indiquer si une nouvelle donnée a été recherchée

L'application RAIMED permet ainsi de recueillir des éléments du raisonnement de l'étudiant au fur et à mesure de sa progression dans la résolution d'une vignette clinique. Une fois la dernière ligne de l'énoncé présentée, l'étudiant peut encore effectuer des lignes de raisonnement s'il le souhaite (hypothèses, vérifications, ...) puis il pourra passer au codage des diagnostics et à la proposition d'un scénario.

C. Codage des diagnostics et proposition d'un scénario

1. Codage des diagnostics

Une fois le recueil des éléments du raisonnement de l'étudiant achevé, il est invité à coder les pathologies de la vignette clinique en diagnostic principal et diagnostics secondaires. Pour ce faire, il clique sur "CODAGE" depuis la page principale (figure 36).

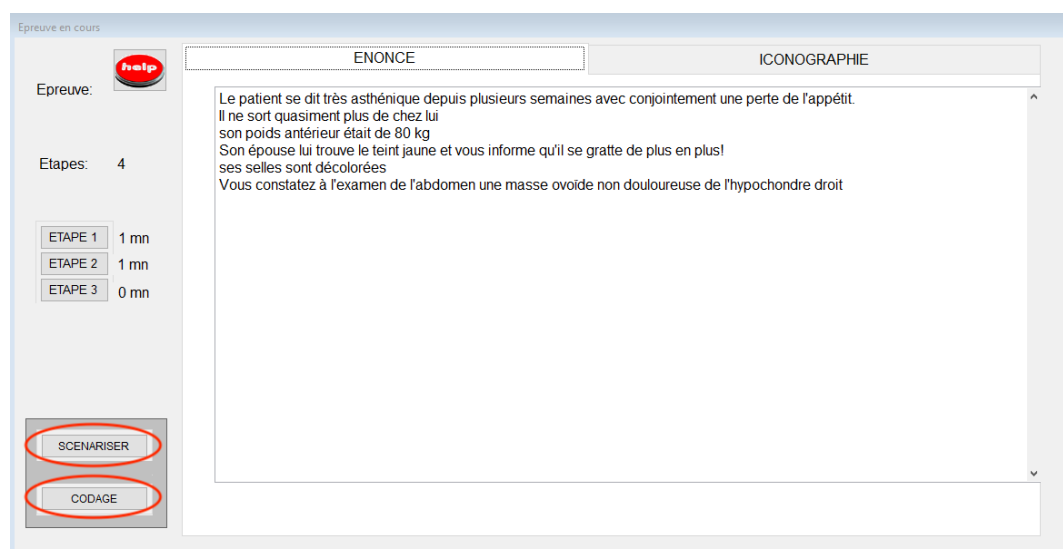


Figure 36 : Accès au codage et à la scénarisation

Le diagnostic principal est ici défini comme la pathologie responsable du symptôme initial. Les diagnostics secondaires sont les diagnostics qui y ont contribué.

Après avoir cliqué sur "**CODAGE**", l'étudiant choisit un diagnostic dans la fenêtre des hypothèses générées. Pour ce faire, dans l'onglet "**1 - CREER UN DIAGNOSTIC PRINCIPAL**", l'étudiant sélectionne son DP parmi ses hypothèses puis clique sur "**Créer**" (n°1 de la figure 37).

Après avoir choisi son DP parmi ses hypothèses, l'étudiant peut effectuer le codage à l'aide d'un thésaurus de 4500 codes, dans lequel les diagnostics sont indexés avec un code à 8 chiffres. Aller à l'onglet "**2 - CODER Les diagnostics retenus**", permet de rechercher par mots clés des diagnostics dans le thésaurus qui est affiché à droite.

Concernant l'exemple, l'étudiant peut effectuer une recherche dans le thésaurus à l'aide des mots clés: "Insuffisance cardiaque", puis sélectionner parmi la liste qui s'affiche le diagnostic suivant : "Insuffisance cardiaque droite par cœur pulmonaire aigu" (n°2, 3 et 4 de la figure 37).

The screenshot shows a software interface for creating and coding a primary diagnosis. It is divided into two main panels.

Panel 1: 1- CREER UN DIAGNOSTIC PRINCIPAL

- A list of hypotheses (H01 to H07) is shown on the left. H01, "insuffisance cardiaque droite (DP)", is selected.
- Below the list, a text field contains "insuffisance cardiaque droite (DP)".
- A button labeled "DIAGNOSTIC PRINCIPAL (DP)" is circled in red and labeled with a red "1".
- Next to it are "CREER" and "SUPPRIMER" buttons.

Panel 2: 2 CODER Les diagnostics retenus (Principal et secondaires)

- A table lists selected diagnoses:

DP	02701011	Insuffisance cardiaque droite par cœur pulmonaire aigu
DS1	06202020	Pancréas (Tumeur maligne du) / Cancer du pancréas
DS2	13304010	Embolie pulmonaire
DS3		
- Below the table, a text field contains "Insuffisance cardiaque droite par cœur pulmonaire aigu (02701)".
- A button labeled "DP" is circled in red and labeled with a red "4".
- Other buttons include "DS1", "DS2", "DS3", "ENREGISTRER", and "QUITTER".

Panel 3: THESAURUS des pathologies

- A search bar at the top is labeled "Mot-clé" and contains "INSUFFISANCE CARDIAQUE". A red "2" is next to it.
- A "chercher" button is to the right of the search bar.
- A list of pathology terms is shown below, with "Insuffisance cardiaque droite par cœur pulmonaire aigu" circled in red and labeled with a red "3".

Figure 37 : Outil de codage des diagnostics

2. Proposition d'un scénario

Un fois le codage effectué, l'étudiant peut accéder à l'outil de la rubrique appelée "scénarisation", qui permet la proposition d'un scénario du processus pathologique à l'origine du motif de consultation.

La scénarisation consiste à repérer dans l'énoncé, dans l'ordre chronologique de leur implication, les différents éléments qui ont contribué à l'apparition de la pathologie portée en diagnostic principal. Ce diagnostic à expliquer, retenu en DP, est rappelé en en-tête. La dernière case est obligatoirement le diagnostic principal retenu.

Les séquences chronologiques sont recherchées dans la fenêtre des données disponibles et rapportées dans chacune des 9 cases maximum disponibles pour le scénario. Les étapes successives peuvent être des données brutes de l'énoncé, des interprétations, des catégories ou des hypothèses. L'étudiant est invité à choisir pour chaque étape l'argument disponible le plus représentatif du mécanisme pathogénique évoqué. Un exemple de scénario est proposé (figure 38).

Données disponibles:

SCE | insuffisance cardiaque droite (DP)

D06 poids actuel contrôlé de 82 kg
D07 Tabac 30 pa
D08 Alcool : environ 1 litre de vin de table /24h
D09 Bronchite chronique depuis 15 ans
D10 HTA traitée par perindopril depuis 3 ans
I01 Oedème membres inférieurs
C01 facteurs de risques cardio vasculaire
C02 oedème par inflation hydrique
C03 syndrome de cholestase
C04 syndrome néoplasique
H01 insuffisance cardiaque droite (DP)
H02 Cirrhose
H03 Broncho pneumopathie chronique obstructive
H04 hypertension portale
H05 cancer
H06 Phlébite
H07 insuffisance cardiaque globale ?
H08 Embolie pulmonaire
H10 &cholangiocarcinome
H09 *cancer de la tête du pancréas
H11 hépatocarcinome

*cancer de la tête du pancréas
I est asthénique depuis plusieurs semaines
Phlébite
Embolie pulmonaire
insuffisance cardiaque droite (DP)

Cliquer sur une donnée disponible puis la déposer dans l'ordre chronologique supposé d'apparition des événements

SCE | insuffisance cardiaque droite (DP) | H09 | D48 | H06 | H08 | H01 |

Diagnostic retenu

Chercher: OK

ENREGISTRER ANNULER QUITTER

Figure 38 : Proposition d'un scénario

Une fois le codage et le scénario effectués, le recueil de l'analyse principale est terminé. Nous allons voir dans le prochain paragraphe que des données complémentaires peuvent être recueillies via l'application RAIMED.

D. Un recueil facultatif de données supplémentaires

En fonction de l'objectif de l'évaluation, des questionnaires peuvent être intégrés à l'application, pouvant être effectués par les étudiants avant ou après la résolution du problème clinique selon le choix des auteurs de la vignette. Les questionnaires peuvent avoir un intérêt pour évaluer le type d'apprentissage, effectuer des tests de connaissance, etc. Un exemple d'une question de connaissance est présenté avec la figure 39.

QUESTION N° 4 / 10

4 Au cours d'un ictère, une grosse vésicule oriente vers une cholestase :

☐ A Par compression du hile du foie
☐ B Par processus tumoral de la tête du pancréas
☐ C Par métastase hépatique
☐ D Par lithiase de la voie biliaire principale
☐ E Par hépatite médicamenteuse

help

< > ENREGISTRER

Figure 39 : Exemple d'une question de connaissance intégrée à RAIMED

Après avoir détaillé les fonctionnalités de RAIMED, le groupe d'étudiants sur lequel l'évaluation de l'application a été menée au cours d'une séance d'analyse de leur RDI va être présenté.

II. Un groupe d'étudiants préparés pour l'évaluation de RAIMED

A. Population d'étudiants concernés

Des étudiants en troisième année d'études de médecine, inscrits au diplôme de formation général en sciences médicales (DFGSM3) de l'université de Nantes ont été sélectionnés pour participer à l'évaluation de l'application. Le seul critère d'inclusion était l'inscription à l'enseignement **O**ptionnel d'entraînement au **R**Aisonnement **M**édical (appelé **ORAM**) lors de l'année universitaire 2019-2020, proposé par les Prs Pottier et Planchon. Parmi 240 inscrits au DFGSM3 en 2019-2020, 64 ont participé à cet enseignement optionnel et ont été inclus dans notre étude. La formation proposée avec l'ORAM associait les trois composantes qui vont être détaillées dans les paragraphes suivants: un stage hospitalier spécifique, des enseignements sur le RDI et des séances de résolution de cas cliniques avec RAIMED.

B. Une formation des étudiants préalable à l'évaluation de l'application

Tous les étudiants ont bénéficié d'enseignements sur le RDI. De plus, les 64 étudiants ont été répartis en six groupes de dix ou onze et chaque groupe a effectué un stage pratique d'une durée d'un mois, depuis octobre 2019 à mars 2020 inclus. Au cours du mois de stage, les étudiants effectuaient trois activités sous la responsabilité des deux enseignants de l'ORAM : un stage dans un service hospitalier, des séances d'apprentissage du raisonnement clinique et des enseignements dirigés d'entraînement à RAIMED.

1. Enseignements sur le RDI et sur les orientations diagnostiques

Entre octobre 2019 et mars 2020, les 64 étudiants ont bénéficié d'enseignements dirigés leur permettant de construire des organigrammes d'orientation diagnostique devant des symptômes courants, incluant ceux présents dans les vignettes utilisées avec l'application RAIMED.

Les processus du raisonnement clinique et la présentation des différents concepts spécifiques (interprétations, hypothèses, etc.) étaient également abordés.

2. Stage pratique d'un mois

Durant le mois de stage, les étudiants participaient aux activités classiques du service de médecine interne du CHU de Nantes, sous la supervision des médecins du service. Par ailleurs, ils rédigeaient chaque semaine, dans le cadre de l'ORAM, deux vignettes cliniques concernant des patients qu'ils avaient examinés. Ces vignettes étaient ensuite discutées en groupe avec un des deux enseignants de l'ORAM (Pr Pottier ou Pr Planchon).

3. Séances d'apprentissage au raisonnement clinique

Durant le stage, les étudiants ont bénéficié de huit séances de familiarisation au raisonnement clinique, soit deux par semaine, inspirées des séances d'ARC développées par Chamberland (78).

Ces séances consistaient en des consultations simulées réalisées par deux étudiants. Le premier simulait un patient en se basant sur l'histoire d'une personne qu'il avait examinée en stage. Pour ce faire, il avait préalablement repéré les éléments clés du dossier, qui devaient être validés par un des deux enseignants. Le second étudiant jouait le rôle du médecin et ne connaissait pas le sujet choisi par son camarade avant la consultation simulée. La salle dans laquelle se sont déroulées ces consultations disposait de moyens d'enregistrement vidéo. Le reste du groupe, installé dans une salle adjacente avec un enseignant, visionnaient en direct la consultation. L'étudiant jouant le rôle du médecin avait pour consigne de consulter les étudiants se trouvant dans la salle adjacente en cas de difficultés de raisonnement clinique. Si besoin, il pouvait donc marquer une pause dans la consultation simulée pour bénéficier de l'aide de ses camarades.

A l'issue de ces consultations, un débriefing était réalisé par le groupe, animé par un des deux enseignants de l'ORAM, permettant de retracer le cheminement du raisonnement suivi et d'identifier ses différents éléments (hypothèses, vérifications, etc.).

4. Enseignements dirigés d'entraînement à RAIMED

Les étudiants ont été entraînés à l'utilisation de RAIMED au cours de deux enseignements dirigés lors du stage. Lors de la première séance d'entraînement, réalisée au début du stage, les étudiants devaient résoudre une vignette concernant un homme vu à son domicile pour une paralysie faciale et conclure à un AVC sylvien superficiel d'origine emboligène révélant une fibrillation atriale (vignette disponible en annexe 6).

La deuxième séance d'entraînement avec RAIMED était réalisée à la fin du mois de stage et participait à l'évaluation des étudiants dans le cadre du stage. La vignette clinique à résoudre était issue du 4^e dossier de l'ECN 2006 (disponible intégralement en annexe 7).

Une fois ces différentes phases de préparation des étudiants achevées, ceux-ci ont pu participer à la séance finale d'analyse de leur RDI permettant d'évaluer l'application.

III. Déroulement de la séance réalisée pour évaluer RAIMED

Nous allons maintenant présenter la séance d'évaluation de l'application. Elle s'est déroulée en avril 2020 au terme de l'enseignement optionnel du raisonnement médical.

A. Installation et identification des étudiants par leur numéro d'ordinateur

Les 64 étudiants ont été regroupés dans une salle équipée de 64 postes informatiques. Chaque étudiant s'identifiait sur l'application avec le numéro du poste informatique qui lui a été attribué.

B. Évaluation du type d'apprentissage

Après avoir indiqué le numéro de leur poste, mais avant d'accéder à la vignette clinique, un questionnaire devait être complété. Celui-ci concernait leur type d'apprentissage de la sémiologie, superficiel ou en profondeur.

Le questionnaire de Biggs (55), traduit par Pottier et coll. en 2008 (56) (traduction disponible en annexe 1), a été utilisé comme référence pour construire le questionnaire sur le type d'apprentissage de la sémiologie présenté aux 64 étudiants (disponible en annexe 2).

Les objectifs de ce questionnaire étaient:

- d'identifier les motivations des étudiants dans leur apprentissage
 - motivation **intrinsèque** (intérêt pour la discipline)
 - motivation **extrinsèque négative** (apprentissage pour éviter des conséquences négatives qui surviendraient si l'étudiant n'apprenait pas)
- d'identifier leur type d'apprentissage:
 - **superficiel** (par exemple, au dernier moment avant les examens)
 - **en profondeur** (favorise la compréhension des apprentissages, établit ses propres synthèses, ...)
- d'identifier leur but recherché lors de l'apprentissage:
 - maîtrise du sujet de façon à être performant dans la **pratique clinique**
 - ou recherche de la performance aux **examens universitaires**.

Pour chaque proposition, l'étudiant indiquait si la phrase lui correspondait ou non selon une échelle de 4 valeurs : pas du tout, pas vraiment, plutôt oui, tout à fait. Les étudiants avaient pour consigne de répondre au questionnaire à partir, non pas de la façon dont ils souhaiteraient apprendre, mais de la façon dont ils ont effectivement appris au cours des mois précédant le test.

C. Phase de résolution de la vignette clinique avec RAIMED

Après avoir répondu au questionnaire sur le type d'apprentissage, les étudiants ont pu importer la vignette clinique sur RAIMED puis la résoudre avec la méthode déjà décrite (I). L'ensemble de la vignette est disponible en annexe 3.

D. Evaluation des connaissances théoriques par QCM

Une fois la résolution de la vignette achevée, mais avant d'effectuer le codage et la scénarisation, les étudiants ont répondu à un questionnaire à choix multiples permettant d'évaluer leur connaissances théoriques sur les thèmes abordés lors de la résolution de la vignette clinique. L'ensemble de ce questionnaire est disponible en annexe 8.

E. Phase de codage et de scénarisation

Les étudiants ont terminé la séance par les étapes de codage des diagnostics et de proposition d'un scénario avec la méthode précédemment décrite (I).

Une fois cette séance achevée, une phase de correction des lignes de raisonnement écrites par les étudiants devait être réalisée avant l'exploitation des résultats.

F. Une correction des processus du RDI assistée par RAIMED

Après avoir récupéré les fichiers concernant la résolution de la vignette clinique informatisée par les étudiants, une correction croisée a été réalisée par les deux enseignants de l'ORAM.

Cette correction consistait en l'attribution pour chaque ligne de raisonnement proposée par l'étudiant (D01 , D02 , ... , I01, I02, ... , C01, C02, ... , H01, H02, ...) un des trois attributs suivants correspondant à son **raisonnement**:

- “**pertinent**” lorsque le raisonnement réalisé est valide et pertinent
- “**erroné**” lorsque le raisonnement est faux
- “**blanc**” lorsque le raisonnement n'est ni faux, ni pertinent

Les justifications des raisonnements ont été corrigées de façon binaire, en attribuant pour chaque justification la mention correcte ou erronée.

La figure 40 est un exemple pour illustrer la fenêtre de correction. L'étape à laquelle se trouve l'étudiant (3e étape dans l'exemple) et le numéro d'ordinateur (n°456173 dans l'exemple) sont indiqués en haut de la fenêtre.

L'intitulé de la ligne de raisonnement de l'étudiant et ses justifications sont affichés au centre (n°1 et 2 de la figure 40).

En bas, le correcteur indique alors si le raisonnement est **pertinent**, **erroné** ou laisse en **blanc** lorsqu'il n'est ni pertinent, ni erroné (n°3 de la figure 40). Les justifications erronées sont identifiées en cochant les cases situées à gauche de la fenêtre.

Cette correction a permis l'établissement de paramètres calculés qui vont être détaillés dans la partie suivante.

Filtrer sur étape: Toutes ▼ Etape: 3 PC: 456173

Type de raisonnement: Hypothèses ▼

Enoncé Recherché

Processus néoplasique sur les voies biliaires

Cocher ci-dessous les justifications erronées:

☐ 1 Sd de cholestase

☒ 2 AEG

☐ 3

☐ 4

☐ 5

☐ 6

☐ 7

☐ 8

☐ 9

Commencer à partir de: ok A traiter: 513 / 537 ENONCE

3 pertinent erroné blanc

|< < > >| QUITTER

Figure 40 : Illustration de la correction avec une hypothèse pertinente émise à l'étape 3

IV. Exploitation des données concernant les processus du RDI obtenus lors de la séance

A. Calcul de paramètres du RDI à partir des données obtenues

Une fois la correction croisée effectuée, des indicateurs quantitatifs du RDI ont été calculés (voir annexe 9 pour le détail des calculs). Les calculs des paramètres pouvaient faire intervenir la sélection des données et les différents raisonnements rédigés.

1. Paramètres concernant la sélection des données

a) L'efficacité (TEFFI)

L'efficacité dans la sélection des données ou concision correspond au nombre des données pertinentes utilisées par l'étudiant divisé par le nombre de données utilisées par l'étudiant (qu'il considère utiles), qu'elles soient pertinentes ou non.

Si l'étudiant sélectionne uniquement des données pertinentes, alors l'efficacité est de 100% (concision maximale).

Si l'étudiant sélectionne autant de données pertinentes que de données inutiles, alors l'efficacité est de 50% (dispersion importante).

b) L'exhaustivité (TEXHAU)

L'exhaustivité dans la sélection des données pertinentes correspond au nombre de données pertinentes de l'énoncé sélectionnées par l'étudiant divisé par le nombre total de données pertinentes présentes dans la vignette clinique.

Lorsque l'exhaustivité est proche de 0, le recueil des données pertinentes a été sommaire.

Lorsque l'exhaustivité est proche de 100%, ce recueil a été exhaustif.

c) L'inductivité (TINDUCTI)

L'inductivité est définie comme le taux de données de l'énoncé utilisées pour rédiger des lignes de raisonnement. Le calcul est basé sur le nombre de données utilisées dans les lignes de raisonnement divisé par le nombre total de données sélectionnées dans l'énoncé.

2. Répartition et validité des lignes de raisonnement rédigées

a) Nombre de lignes de raisonnement rédigées:

Le nombre de lignes de raisonnement rédigées par l'étudiant est calculé pour être comparé au nombre de lignes de raisonnement d'une référence, qui peut être soit une référence experte (nombre de lignes optimal), soit la moyenne des pairs, à définir selon l'objectif.

Les différents totaux sont calculés pour chacun des types de raisonnement (interprétation, catégorie, hypothèse et vérification d'hypothèse).

b) Nombre de raisonnements pertinents

La correction croisée permet de préciser le nombre de lignes de raisonnement pertinent rédigées par l'étudiant pour chacun des quatre types de raisonnement.

c) Taux de processus valides (non-erronés)

Le calcul du taux de processus non-erronés est effectué en divisant le nombre de lignes de raisonnement non-erroné par le nombre total de lignes de raisonnement.

d) Calcul du taux de pertinence

Le calcul du taux de pertinence est effectué en divisant le nombre de lignes de raisonnement pertinent par le nombre total de lignes de raisonnement.

e) Taux d'induction (TINDU)

Le taux d'induction correspond au nombre de lignes inductives divisé par le nombre total de lignes de raisonnement. Une ligne de raisonnement est dite inductive lorsqu'elle est issue d'un des onglets suivants: "Interprétations", "Catégories" et "Hypothèses", puisque ces types de raisonnement sont justifiés par des données reçues (de l'énoncé).

f) Le taux de déduction (TDEDU)

Le taux de déduction correspond au nombre de lignes déductives divisé par le nombre total de lignes de raisonnement. Une ligne de raisonnement est dite déductive lorsqu'elle est issue de l'onglet "Vérifications", puisque les vérifications sont basées sur des données recherchées.

B. Présentation des résultats obtenus

La présentation des résultats s'effectue sous deux formes, une description séquentielle du raisonnement et une présentation des paramètres calculés sous forme de diagramme en radar.

1. Concernant la description des séquences de raisonnement

a) Présentation sous forme de texte

Les différentes étapes du raisonnement des étudiants peuvent être présentées par ordre chronologique. Chaque ligne correspond à une séquence du raisonnement de l'étudiant.

b) Présentation sous forme d'engrammes

Une représentation graphique des séquences de raisonnements, appelée "engramme" a été mise au point. Le nom d'"engramme" fait référence au terme issu du grec *en*, "dans" et *gramma*, "écriture", signifiant : "traces laissées dans les centres nerveux par diverses stimulations antérieures" (1). Les engrammes décrivent les étapes successives du RDI des étudiants, les séquences de leur raisonnement, sous forme de lignes et de colonnes.

Chaque séquence de raisonnement est représentée par une colonne décrite par les caractéristiques suivantes:

- Le numéro de la séquence par ordre chronologique
- L'intitulé que l'étudiant lui a donné
- Le type de raisonnement, abrégé en deux lettres:
 - IN pour interprétation
 - CA pour catégorie
 - HY pour hypothèse
 - VE pour vérification d'hypothèse
- La validité du raisonnement, décrite selon un code couleur :
 - Vert si le raisonnement effectué correspond à un noeud discriminant
 - Bleu si le raisonnement effectué est pertinent
 - Orange si le raisonnement effectué n'est ni erroné, ni pertinent
 - Rouge si le raisonnement effectué est erroné.

La pertinence du raisonnement est suivie sur les lignes de raisonnement codées selon le même code couleur:

- Vert si l'argument est un noeud discriminant
- Bleu si l'argument est pertinent
- Orange si l'argument est neutre (c'est-à-dire ni erroné, ni pertinent)
- Rouge si l'argument est erroné.

Cette représentation permet la lecture des séquences du raisonnement des étudiants en distinguant différentes façon de raisonner:

- **logique**, lorsque les séquences restent sur les lignes verte
- **structurée** lorsque les séquences s'enchaînent sur la ligne bleue
- **anarchique** lorsque les séquences les séquences sont représentées en dents de scie
- **erronée** lorsque les séquences se situent sur la ligne rouge

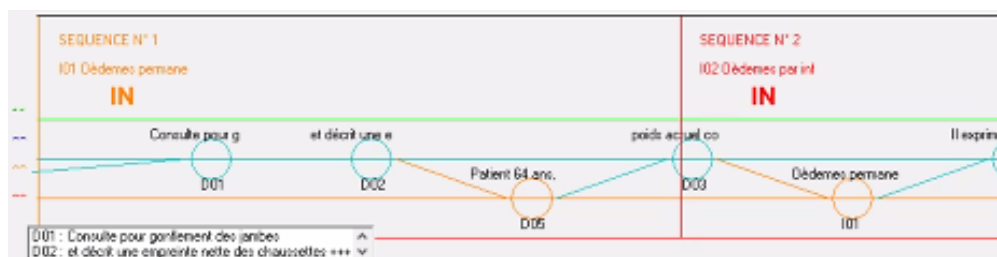


Figure 41 : Illustration d'un engramme

L'exemple de la figure 41 illustre cette représentation graphique. La première séquence de cet exemple est une interprétation appelée “œdèmes permanents”, corrigée en orange, donc corrigée comme neutre pour aboutir au diagnostic.

Les justifications proposées dans l'exemple sont :

- “consulte pour gonflement des jambes” : bleue donc pertinente
- “décrit une empreinte des chaussettes le soir” : bleue donc pertinente
- “patient de 64 ans, 1,75m, 75 kg” : orange donc neutre

2. Concernant les paramètres quantitatifs du RDI obtenus

Selon les objectifs recherchés, les correcteurs peuvent sélectionner certains des paramètres quantitatifs impliqués dans la résolution de la vignette, tels que le taux de raisonnements inductifs et déductifs (TINDU et TDEDU), l'inductivité (TINDUCTI), le taux de raisonnements valides (non erronés) (TVALID), etc. pour comparer les modes de raisonnement des étudiants.

La représentation graphique des paramètres quantitatifs retenus est un **diagramme en toile d'araignée** également appelé **radar**, dont les axes sont à définir selon les types de raisonnement évalués. Le principe consiste à représenter sur les axes du radar les différents paramètres choisis.

Le radar représente les types de raisonnement plus ou moins utilisés par l'étudiant. En effet, pour chaque axe, la valeur nulle du taux, située au centre du radar et la valeur maximale, située sur la bordure extérieure de la toile d'araignée, permettent de situer visuellement les résultats.

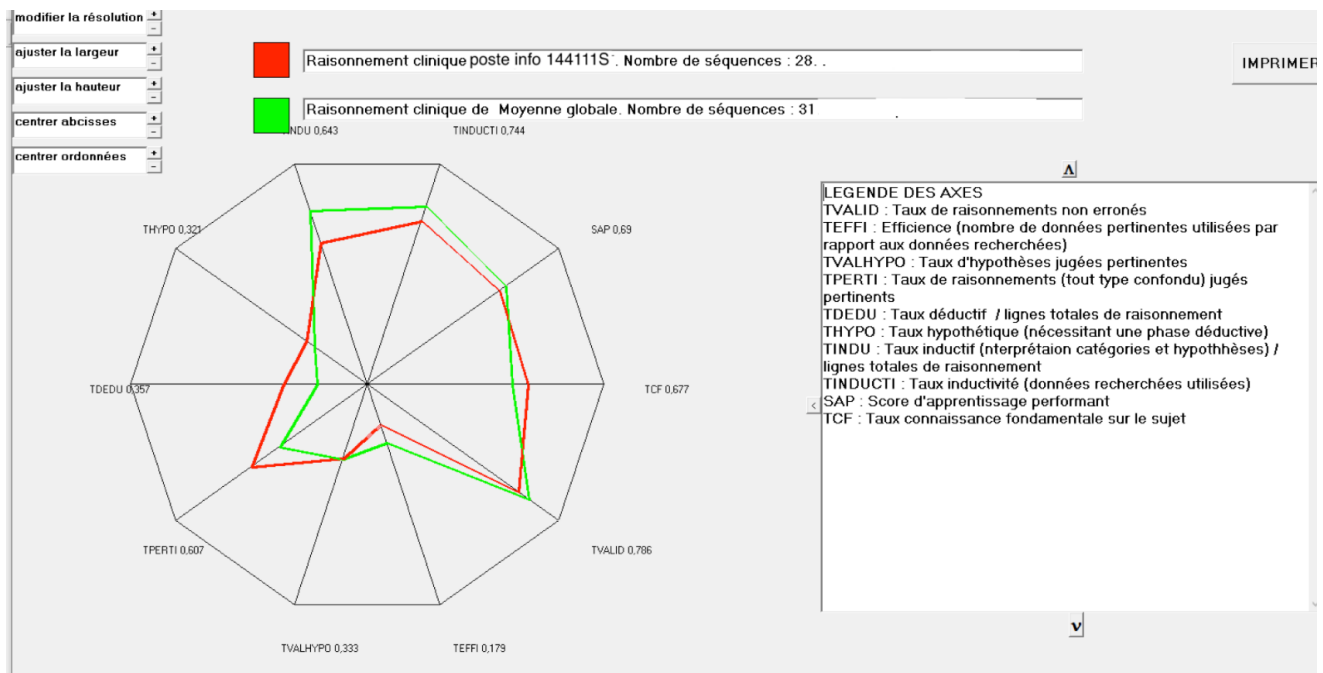


Figure 42 : Illustration d'un diagramme en toile d'araignée

Le radar doit permettre d'identifier les types de raisonnement utilisés et de comparer des étudiants ou groupes d'étudiants. Les comparaisons réalisées doivent mettre en évidence les différentes façons d'arriver (ou non) au diagnostic, grâce aux différences observées sur les axes.

Les comparaisons peuvent impliquer un individu et une référence qui peut par exemple être la moyenne d'un groupe. Il est possible de comparer un étudiant à la moyenne de ses pairs, ou un étudiant au groupe des étudiants ayant réussi l'exercice.

La figure 42 représente un exemple de diagramme en toile d'araignée comparant les paramètres d'une personne (en rouge) avec ceux de la moyenne d'un groupe (en vert).

Par ailleurs, comparer deux groupes peut permettre d'identifier les paramètres associés à la réussite de l'exercice, en comparant les étudiants ayant été performants à ceux qui ne l'ont pas été. Définir un critère de réussite de l'exercice présente donc un intérêt pour repérer les paramètres distinctifs grâce à des comparaisons (groupe performant versus non performant).

Ainsi, après avoir présenté les processus du RDI recueillis et leur mise en forme, nous allons détailler les critères nous permettant de les valider.

V. Critères permettant de valider les processus du RDI proposés

La façon la plus rationnelle de valider un type de raisonnement diagnostique reste de le confronter à l'aptitude de l'étudiant à réaliser un diagnostic (A). D'autres critères extérieurs à la vignette pourraient apporter des éléments complémentaires de validité tels que le mode d'apprentissage de la sémiologie (B) et le niveau de connaissances théoriques (C).

A. Le score de justesse diagnostique, le critère d'évaluation de la performance

Une correction binaire a été effectuée pour les diagnostics (diagnostic principal et diagnostics secondaires). Les trois diagnostics à réaliser étaient insuffisance cardiaque droite, embolie pulmonaire et cancer du pancréas.

Un critère de jugement de la performance des étudiants appelé “**score de justesse diagnostique**” a été établi et défini comme la **somme des trois principaux diagnostics** à réaliser lors de la résolution de la vignette clinique, allant de 0 à 3 en fonction de la présence ou non des diagnostics d'insuffisance cardiaque droite, d'embolie pulmonaire et de cancer du pancréas dans les DP/DS ou la scénarisation. Nous avons retenu le score de justesse diagnostique comme critère de jugement principal pour différencier les étudiants entre eux puisque l'objectif pédagogique était centré sur la sémiologie.

Ce critère de jugement devait permettre d'évaluer les processus du RDI en comparant :

- des engrammes d'étudiants ayant un score de justesse diagnostique de 0 avec ceux d'étudiants ayant un score de justesse diagnostique de 3.
- les diagrammes en toiles d'araignée représentant les moyennes des paramètres quantitatifs des étudiants ayant un score de **justesse diagnostique de 0** par rapport à ceux ayant un score de **justesse diagnostique de 3**.

B. Score relatif au questionnaire d'apprentissage de la sémiologie

Un score, appelé score d'apprentissage performant (SAP), a été établi à partir des réponses au questionnaire sur le type d'apprentissage de la sémiologie (disponible en annexe 2). Pour établir ce score, les propositions indiquant une **motivation intrinsèque**, un apprentissage en **profondeur** ou but recherché de performance dans la **pratique clinique** apportaient davantage de points si la réponse était **positive**, selon le barème suivant:

- 3 pour : “Tout à fait”
- 2 pour : “Plutôt oui”
- 1 pour : “Pas vraiment”
- 0 pour : “Pas du tout”

Les propositions indiquant une motivation **extrinsèque négative**, un apprentissage **superficiel** ou but recherché de performance aux **examens** apportaient davantage de points si la réponse était **négative**, selon le barème suivant :

- 0 pour : “Tout à fait”
- 1 pour : “Plutôt oui”
- 2 pour : “Pas vraiment”
- 3 pour : “Pas du tout”

La somme des valeurs était divisée par 84 qui correspond au nombre de questions (28) multiplié par la note maximale à un item. Le SAP était donc un score allant de 0 à 1.

C. Connaissances théoriques:

Les connaissances théoriques ont été évaluées selon deux modes, un critère de validation interne avec un QCM établi par les auteurs, et un critère de validation externe avec le rang de classement académique.

1. QCM

Les connaissances en lien avec la vignette clinique présentée ont été évaluées à l’aide d’un QCM disponible en annexe 8. Les réponses aux QCM ont permis l’établissement de deux scores: le TCF et le TCFA.

Le taux de connaissances fondamentales sur le sujet, appelé TCF, est le taux de bonnes réponses au QCM établi selon le nombre de discordances entre les propositions choisies par l’étudiant pour répondre à chaque question et la correction préétablie. Pour une question donnée, la notation effectuée en fonction du nombre de discordances était la suivante:

- 1 point pour 0 discordance,
- 0,5 point pour 1 discordance,
- 0,2 point pour 2 discordances,
- et 0 point pour 3 discordances ou plus.

Le taux de connaissances fondamentales sur le sujet en score absolu, appelé TCFA, est le taux de bonnes réponses établi par une correction binaire de chaque question, à savoir 1 point si toutes les bonnes réponses et seulement les bonnes réponses ont été cochées, 0 point dans tous les autres cas.

2. Rang de classement universitaire

Le rang de classement universitaire de l’année passée a également été utilisé comme critère de validation externe des processus du RDI.

VI. Tests statistiques réalisés

Les variables quantitatives ont été comparées à l'aide du **test de Student** (formule utilisée disponible en annexe 10).

Nous avons également calculé les coefficients de corrélation de Pearson entre les différents paramètres calculés et le critère de justesse diagnostique (formule utilisée disponible en annexe 10).

Le **coefficient de corrélation de Pearson** peut prendre des valeurs entre -1 et 1. Un coefficient de corrélation de -1 indique une corrélation négative parfaite entre les deux variables, tandis qu'un coefficient de 1 indique une corrélation positive parfaite. Un coefficient de corrélation de 0 indique l'absence de corrélation entre les deux variables.

Nous avons utilisé **un test de corrélation de Pearson**, lui-même basé sur le coefficient de corrélation de Pearson, pour tester statistiquement la corrélation entre les différents paramètres calculés et le critère de justesse diagnostique (démarche décrite en annexe 10).

Les tests statistiques utilisés sont **bilatéraux**. Le seuil $p < 0,05$ a été considéré comme statistiquement significatif. De plus, $p < 0,005$ a été considéré comme très significatif.

RÉSULTATS

I. Données recueillies

Tous les étudiants inclus ont finalisé les différentes formations et la séance d'évaluation de l'application. L'ensemble des données a pu être recueilli excepté deux données manquantes concernant les rangs de classement universitaire de deux étudiants issus d'une "passerelle".

A. Le score de justesse diagnostique:

Le score de justesse diagnostique a pu être établi pour tous les étudiants (tableau 2).

	Effectifs
Justesse diagnostique = 0	18 (28%)
Justesse diagnostique = 1	14 (22%)
Justesse diagnostique = 2	21 (33%)
Justesse diagnostique = 3	11 (17%)
Total	64 (100%)

Tableau 2 : Répartition des effectifs selon le score de justesse diagnostique

Le score de justesse diagnostique était discriminant, permettant de répartir les 64 étudiants en quatre groupes d'effectif proches de 16 (correspondant à 25%). Précisons que les étudiants ayant un score de 2 étaient plus nombreux (33%) que ceux ayant un score de 3 (17%). Les étudiants ayant trouvé tous les diagnostics étaient donc minoritaires.

Chaque diagnostic attendu a été trouvé en moyenne une fois sur deux (46%) par les étudiants, avec des disparités importantes entre les trois diagnostics (tableau 3).

Le diagnostic d'insuffisance cardiaque droite a été fait par la majorité des étudiants (63%), alors que ceux d'embolie pulmonaire et de cancer du pancréas ont été moins bien réussis (respectivement 40 et 36%).

	Nombre d'étudiant ayant fait le diagnostic (Taux de réussite)
Insuffisance cardiaque droite	40 (63%)
Embolie pulmonaire	26 (40%)
Cancer du pancréas	23 (36%)

Tableau 3 : Répartition des diagnostics réalisés

B. Description séquentielle du raisonnement

1. Présentation des étapes de raisonnement sous forme de texte

Les différentes étapes du raisonnement des étudiants ont toutes été recueillies sous forme de texte. Cette présentation permet à l'étudiant de valider son recueil de lignes de raisonnement. Un exemple est proposé en annexe 11. Celui-ci présente la liste des 59 séquences réalisées par une étudiante du groupe.

2. Présentation des étapes de raisonnement sous forme d'engrammes

Des engrammes ont été établis pour tous les étudiants. Les figures 43 et 44 représentent des engrammes d'étudiants ayant trouvé tous les diagnostics. Les séquences représentées sur ces engrammes correspondent majoritairement à des nœuds discriminants (première ligne) ou à des raisonnements pertinents (deuxième ligne).

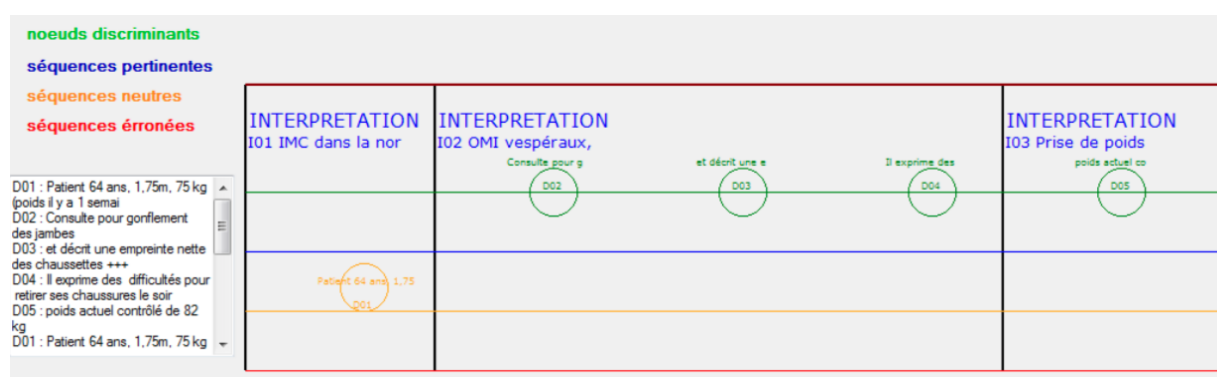


Figure 43 : Exemple d'engrammes n°1 : Séquences de raisonnement composées de nœuds discriminants rédigées par un étudiant ayant une justesse diagnostique de 3,

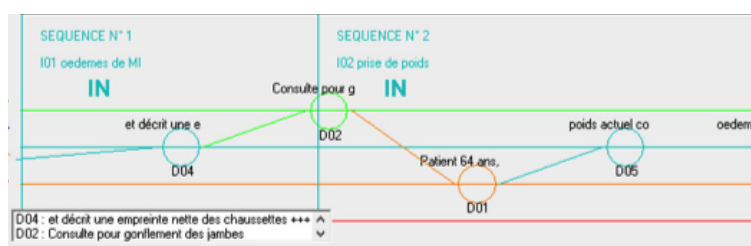


Figure 44 : Exemple d'engrammes n°2 : Séquences de raisonnement pertinent d'un étudiant ayant une justesse diagnostique de 3

La figure 45 représente la séquence d'un raisonnement erroné (en rouge), qui correspond à une catégorie rédigée par l'étudiant ayant eu un score de justesse diagnostique nul. Elle a été nommée : "œdèmes qui ne se redistribuent pas" et est justifiée par les mêmes données de l'énoncé que celles utilisées sur les figures 43 et 44. Notons que le diagnostic principal de cet étudiant était une tumeur comprimant la veine cave inférieure.

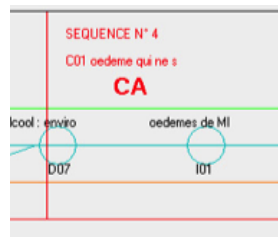


Figure 45 : Exemple d'engrammes n°3 : Séquence de raisonnement erroné d'un étudiant ayant un score de justesse diagnostique de 0

Les engrammes permettaient de constater des différences dans les types de raisonnements réalisés par les étudiants. Ils faisaient ressortir les processus erronés (en rouge). Par ailleurs, les étudiants qui souhaitaient visualiser leur engramme ont pu y avoir accès lors d'un débriefing individuel avec un des deux enseignants. Ceux-ci retrouvaient aisément leurs étapes de raisonnement grâce à leur engramme.

C. Distribution des variables

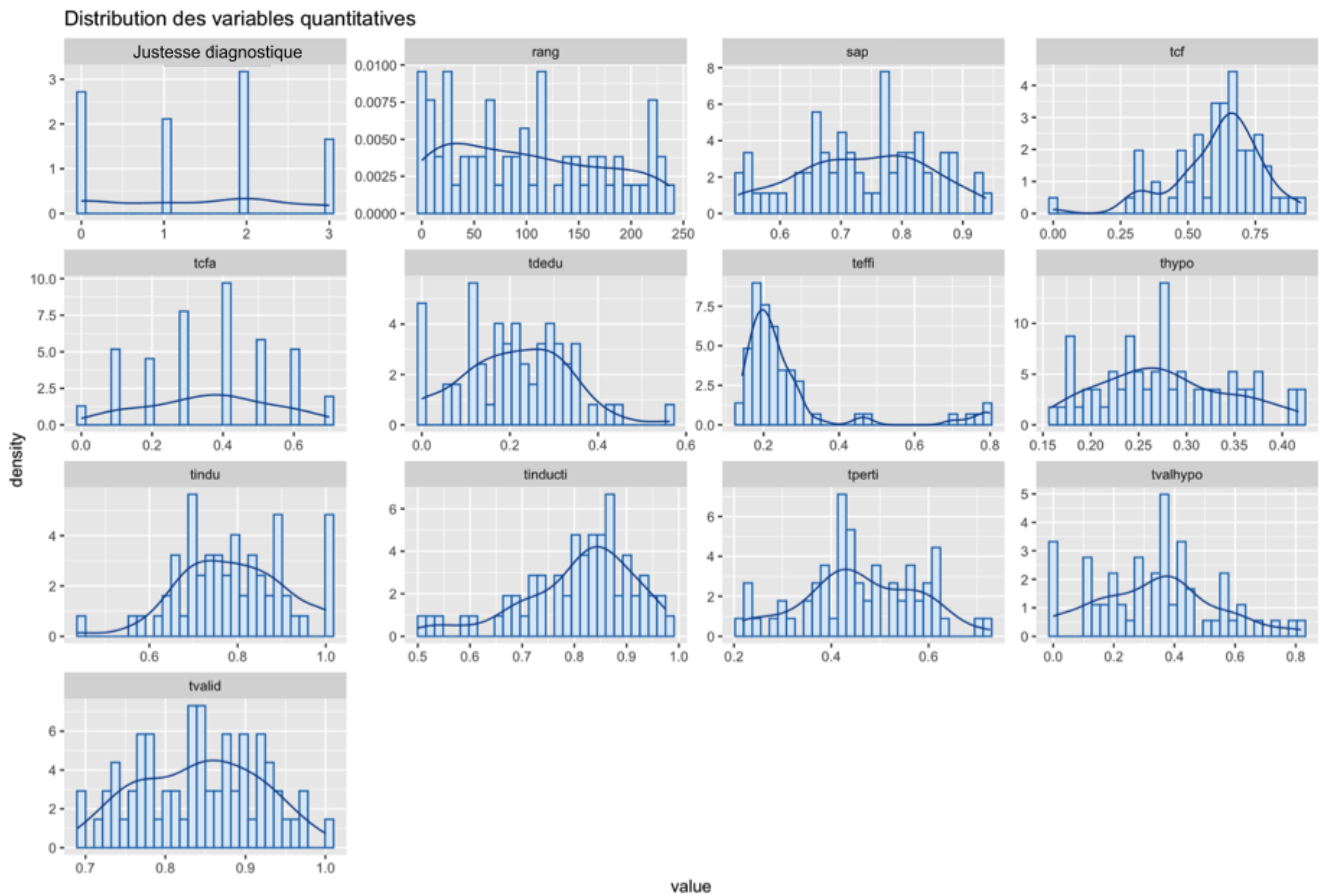


Figure 46 : Répartition des variables quantitatives

Les étudiants de notre cohorte étaient majoritairement des femmes (58%). Cette proportion est similaire à celle des promotions d'étudiants en médecine de l'université de Nantes.

Concernant le classement académique, le groupe des 64 étudiants issu d'une promotion de 240 inscrits en DFGSM3 présente un rang de classement médian de 92,5. La première moitié de la promotion 2019 - 2020 était donc davantage représentée dans notre étude.

La méthode de correction du QCM a influencé les résultats au test de connaissances fondamentales sur le sujet. La correction des QCM en fonction du nombre de discordances a nettement augmenté le score calculé par rapport à un mode de correction binaire. En effet, la médiane du TCF est de 0,65 alors que celle du TCFA est de 0,40.

La médiane du score d'apprentissage en profondeur était bonne (SAP médian = 0,74). Donc les étudiants se sont moins identifiés aux propositions concernant une motivation extrinsèque négative, un apprentissage superficiel ou but recherché de performance aux examens.

Les étudiants ont résolu la vignette clinique présentée en utilisant prioritairement le mode de raisonnement inductif (TINDU médian = 0,79) plutôt que déductif (TDEDU médian = 0,21).

L'efficacité médiane n'était pas très bonne, d'environ 20%, ce qui traduit que les étudiants ont sélectionné un nombre élevé de données inutiles tels que "patient plombier", etc.

Le taux de pertinence est intermédiaire puisque 45% des raisonnements ont été corrigés comme pertinents (TPERTI = 0,45).

85% des raisonnements étaient non-erronés (pertinents ou neutres)(TVALID médian = 0,85).

II. Résultats des tests statistiques

A. Comparaison des groupes ayant un score de justesse diagnostique de 0 et de 3

Des tests de Student comparant les moyennes des différents paramètres des groupes ayant une justesse diagnostique de 0 et de 3 ont permis de révéler des différences significatives pour la majorité des paramètres. Ceux-ci ont été représentés sur fond bleu dans le tableau 4.

Variables	Moyennes du groupe justesse diagnostique = 0 (n=18)	Moyennes du groupe justesse diagnostique = 3 (n=11)	P Value (test de Student)
Rang	127	69	0,037
SAP	0,70	0,77	0,091
TCF	0,58	0,69	0,079
TCFA	0,28	0,48	0,005
TEFFI	0,27	0,19	0,057
TDEDU	0,16	0,30	0,0001
TINDU	0,84	0,70	0,0001
TINDUCTI	0,79	0,81	0,54
TPERTI	0,43	0,53	0,023
TVALID	0,82	0,89	0,028
TVALHYPO	0,29	0,48	0,022
THYPO	0,25	0,31	0,022

Tableau 4 : Comparaison des groupes ayant une justesse diagnostique de 0 et de 3

Comparé au groupe n'ayant fait aucun diagnostic, la moyenne du groupe ayant fait les trois diagnostics est significativement plus élevée pour le taux de connaissances fondamentales sur le sujet établi en score absolu (TCFA) et le taux de déduction (TDEDU), avec une moyenne au test de connaissance quasiment deux fois plus élevée (0,48 versus 0,28) et un taux de déduction moyen deux fois supérieur (0,30 versus 0,16) pour le groupe ayant une justesse diagnostique de 3.

De plus, les étudiants de ce dernier groupe ont réalisé de façon significative davantage de raisonnements pertinents (TPERTI), de raisonnements non-erronés (TVALID), d'hypothèses (THYPO) et d'hypothèses pertinentes (TVALHYPO).

En outre, le rang de classement moyen de ces étudiants était significativement meilleur que le groupe n'ayant fait aucun diagnostic (69 versus 127).

B. Comparaisons des radars des groupes ayant un score de justesse diagnostique de 0 et de 3

En fonction de l'objectif pédagogique de la vignette clinique, différents paramètres quantitatifs peuvent être disposés sur un diagramme en toile d'araignée généré par RAIMED. Les variations de paramètres en fonction de la justesse diagnostique sont visualisées (figure 47).

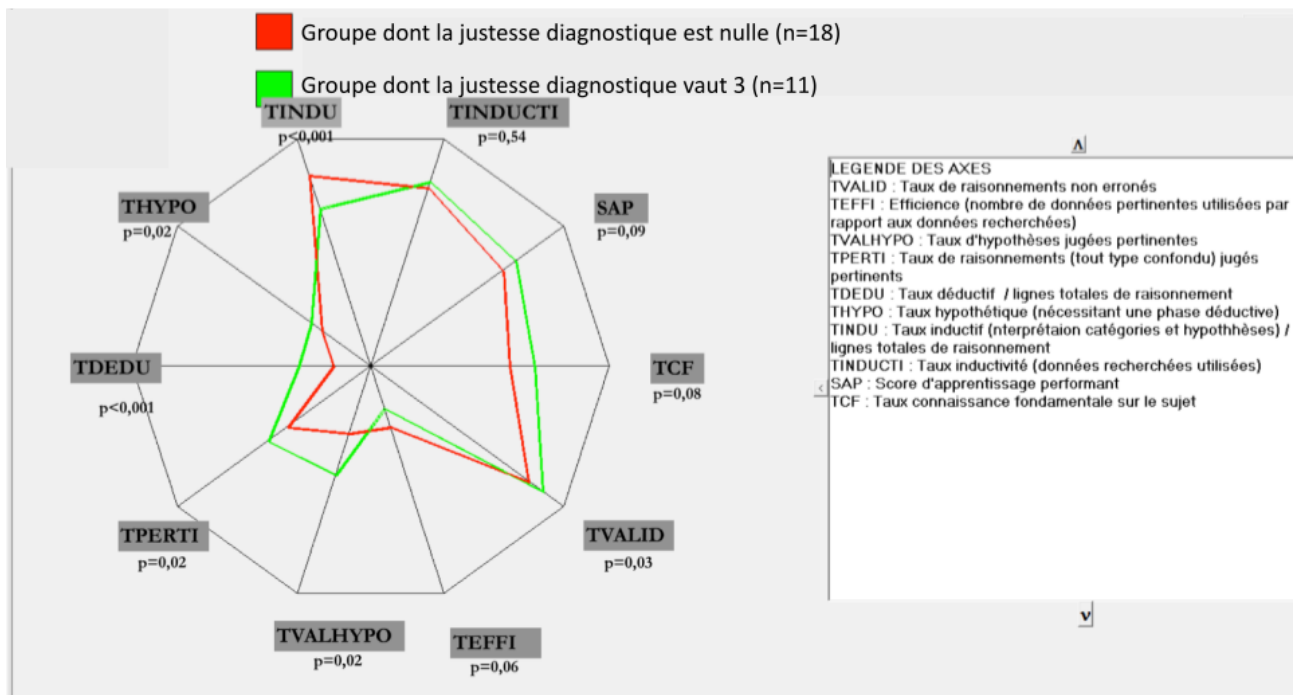


Figure 47 : Comparaison des radars selon le score de justesse diagnostique (0 ou 3)

Ces radars montrent que les étudiants ayant une justesse diagnostique de 3 ont des valeurs plus élevées que ceux dont la justesse est nulle pour les paramètres suivants:

- Score d'apprentissage en profondeur (SAP) (non significatif)
- Taux de connaissances fondamentales sur le sujet (TCF) (non significatif)
- Taux de déduction (TDEDU)
- Taux de raisonnements non-erronés (TVALID)
- Taux de raisonnements pertinents (TPERTI)
- Taux d'hypothèses (THYPO)
- Taux d'hypothèses pertinentes (TVALHYPO)

A contrario, ces étudiants ont des valeurs plus faibles que ceux dont la justesse est nulle pour les paramètres suivants:

- Taux d'efficacité (TEFFI) (non significatif)
- Taux d'induction (TINDU) (en lien avec une déduction plus élevée)

C. Test de corrélation de Pearson entre chaque variable et la justesse diagnostique

Les tests de corrélation de Pearson, effectués sur l'intégralité de l'effectif (n=64), ont confirmé ces résultats. Les tests significatifs sont également représentés sur fond bleu dans le tableau 5.

La corrélation entre le taux de déduction réalisé et la justesse diagnostique est très significativement positive.

Plus les étudiants ont un taux de connaissance fondamentale élevé sur le sujet, plus ils ont trouvé de diagnostics (TCF et TCFA très corrélés positivement à la justesse diagnostique). De plus, un meilleur rang de classement universitaire était corrélé à un nombre plus élevé de diagnostics trouvés.

Les taux de raisonnements pertinents, de raisonnements non erronés, d'hypothèses et d'hypothèses pertinentes étaient corrélés positivement à la justesse diagnostique.

A contrario, trois paramètres n'ont pas été significativement corrélés à la justesse diagnostique dans notre étude: le score d'apprentissage en profondeur de la sémiologie (SAP), le taux d'efficacité dans la sélection des données (TEFFI) et l'inductivité, qui est le taux de données recherchées utilisées (TINDUCTI).

Variables	Coefficients de corrélation de Pearson	P Value (test de corrélation de Pearson)
Rang	-0,28	0,02
SAP	0,19	0,13
TCF	0,25	0,05
TCFA	0,40	0,001
TEFFI	-0,17	0,16
TDEDU	0,40	0,001
TINDU	-0,40	0,001
TINDUCTI	0,10	0,42
TPERTI	0,28	0,02
TVALID	0,25	0,05
TVALHYPO	0,25	0,05
THYPO	0,29	0,02

Tableau 5 : Corrélations entre chaque variable et la justesse diagnostique

Des diagrammes de Bland Altman peuvent illustrer ces corrélations. Par exemple, la figure 48 représente la corrélation entre le taux de raisonnements déductifs (axe des abscisses) et le score de justesse diagnostique (axe des ordonnées).

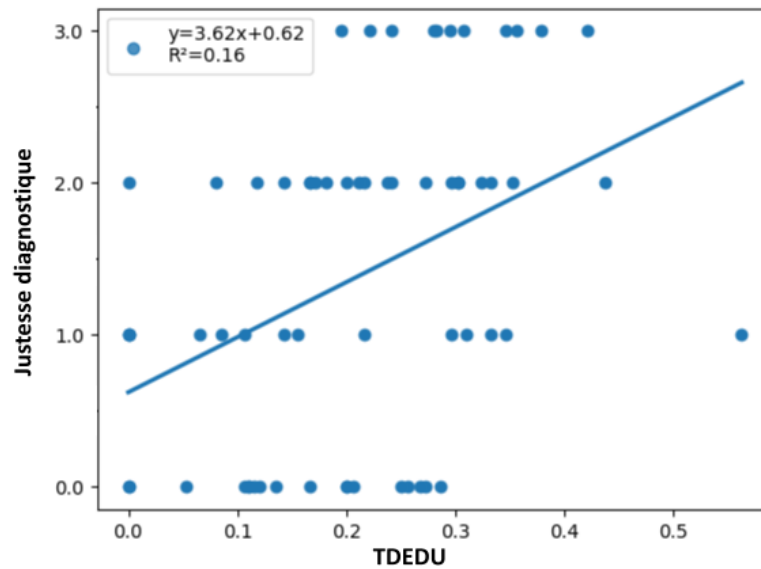


Figure 48 : Diagramme de Bland Altman illustrant la corrélation entre le taux de raisonnements déductifs et le nombre de diagnostics réalisés

III. Dépendance des variables entre elles

A. Diagramme en couleur des coefficients de corrélation

Les coefficients de corrélation des variables entre elles ont été calculés et représentés à l'aide d'un code couleur (figure 49):

- Corrélation négative (proche de -1) représentée en rouge foncé.
- Corrélation positive (proche de 1) représentée en bleu foncé.
- Corrélation nulle (variables indépendantes entre elles) représentée en blanc.

TCF et TCFA sont très corrélés entre eux, puisque c'est le même questionnaire qui a été corrigé selon deux méthodes différentes.

TCF et TCFA sont corrélés au rang de classement de façon inverse : un rang de classement bas (donc meilleur) est corrélé à un score élevé au questionnaire de connaissances fondamentales.

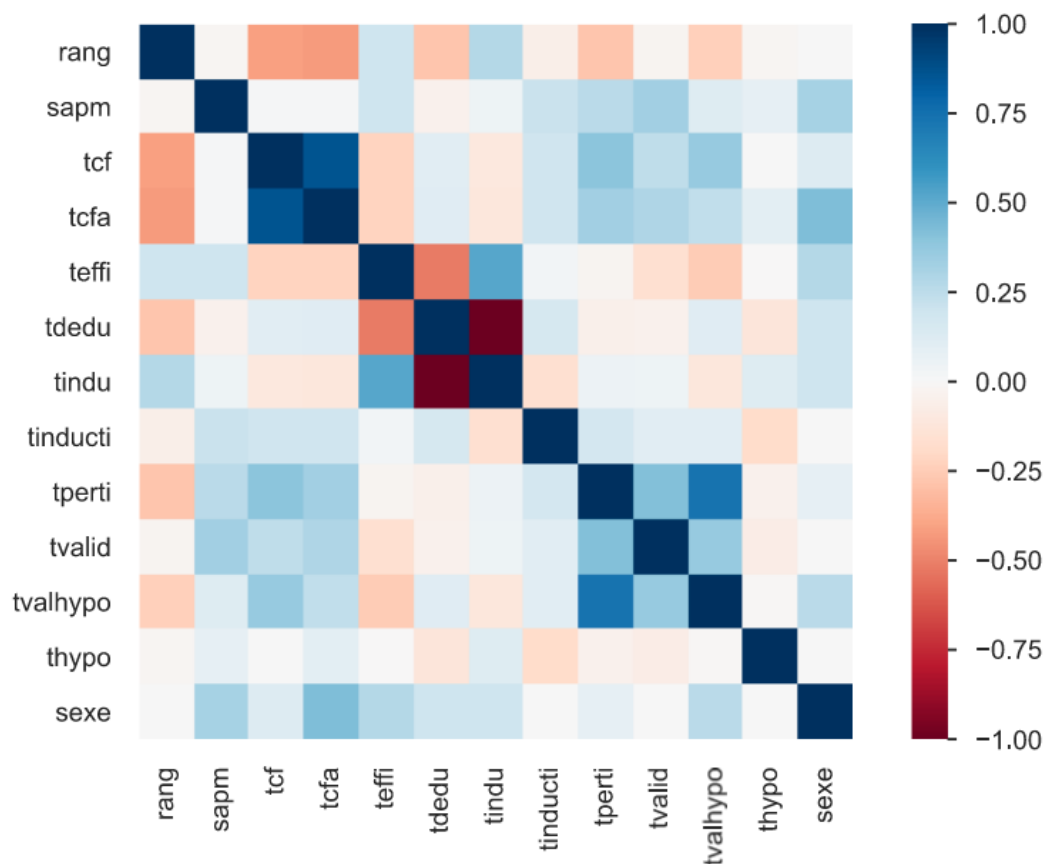


Figure 49 : Diagramme des corrélations des variables entre-elles

TCF et TCFA sont corrélés à TPERTI : un taux de raisonnements pertinents élevé est lié à un meilleur score au questionnaire de connaissance.

TDEDU et TINDU sont fortement corrélés entre eux de façon inverse puisque les raisonnements qui n'étaient pas déductifs étaient forcément inductifs et inversement.

TPERTI, TVALID et TVALHYPO sont corrélés entre eux car tous ces paramètres sont liés à la correction des lignes de raisonnement. Chaque raisonnement ayant seulement un des trois attributs suivants: pertinent, erroné ou neutre (ni pertinent, ni erroné).

B. Analyse en composante principale (ACP)

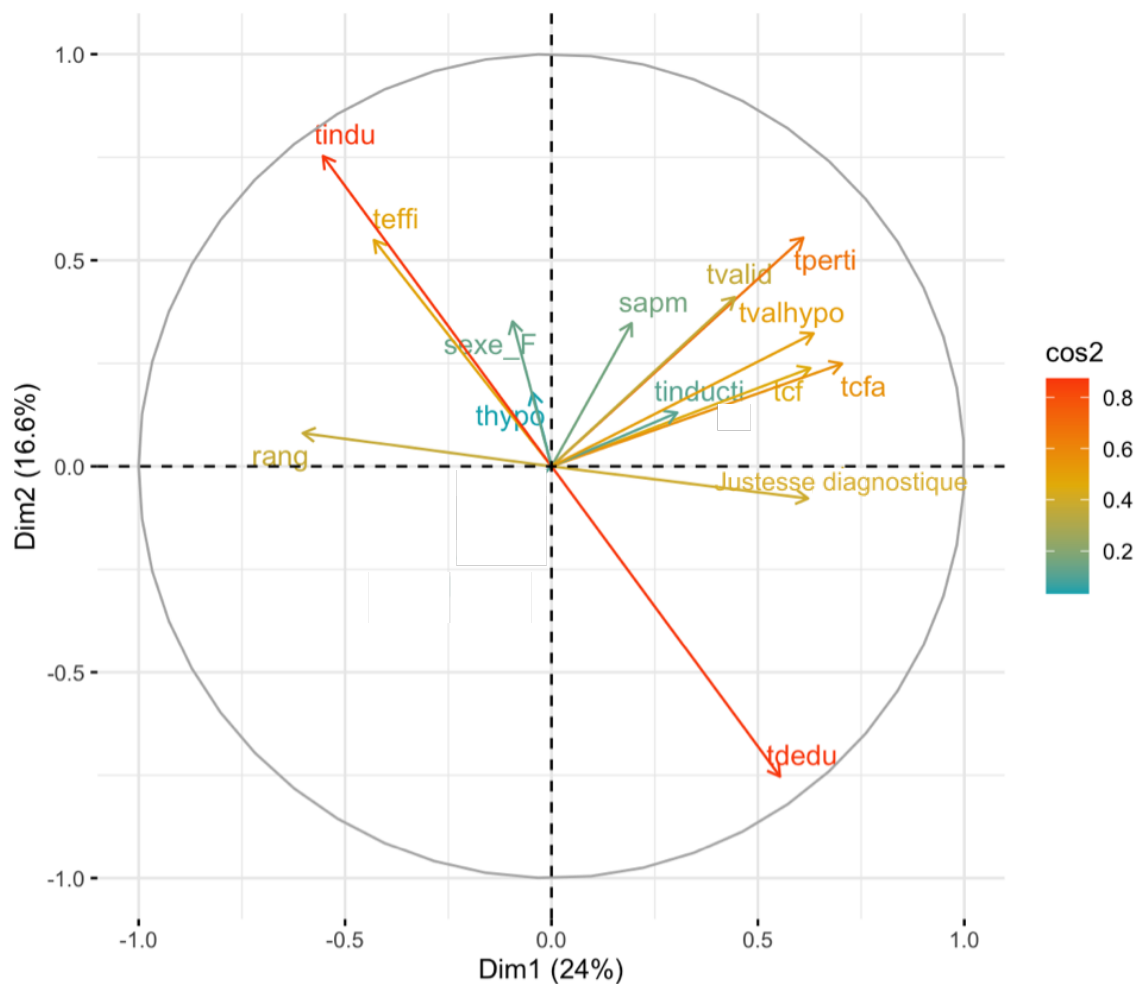


Figure 50 : Cercle de corrélation de l'analyse en composante principale

Le graphique ci-contre (figure 50) est également connu sous le nom de graphique de corrélation des variables. Celles qui sont positivement corrélées sont regroupées. Celles qui sont négativement corrélées sont positionnées sur des quadrants opposés.

La distance entre une variable et l'origine mesure la qualité de la représentation de la variable. Les variables éloignées de l'origine sont bien représentées par l'ACP. La qualité de représentation des variables sur la carte de l'ACP s'appelle $\cos^2$ (cosinus carré).

Cette deuxième analyse des corrélations nous permet de retrouver des résultats similaires à la première.

TCF et TCFA sont très corrélés entre eux, de même pour TPERTI et TVALID, pour des raisons déjà expliquées. TINDU et TDEDU sont opposés sur le graphique, donc inversement corrélés.

Le rang est inversement corrélé à la justesse diagnostique; donc avoir un meilleur classement universitaire est corrélé au fait d'avoir trouvé plus de diagnostics dans notre étude.

Les variables corrélées positivement à la justesse diagnostique sont positives selon la dimension 2 (puisque la justesse diagnostique est proche de cet axe) et sont : SAP, TVALID, TINDUCTI, TPERTI, TVALID, TVALHYPO, TCF et TCFA.

DISCUSSION

L'objectif de ce travail était de valider un outil de recueil standardisé des processus du RDI basé sur l'analyse de la résolution d'une vignette clinique par des étudiants. RAIMED, une application originale de simulation numérique, nous a permis de recueillir, d'analyser et puis de présenter au travers d'engrammes les séquences de raisonnement de 64 étudiants. L'analyse quantifiée de leurs différents types de raisonnement a mis en évidence, pour la vignette présentée, des corrélations entre certains processus du RDI calculés et le nombre de diagnostics réalisés. Les étudiants ayant trouvé le plus de diagnostics suggérés par la vignette avaient davantage recours au mode raisonnement déductif, formulaient davantage d'hypothèses, effectuaient moins de processus erronés et plus de processus pertinents.

Même si ces paramètres ont semblé pertinents dans notre étude, ils dépendent de la vignette présentée aux étudiants. Il serait intéressant d'observer leurs éventuelles variations en fonction du public concerné et de la vignette clinique. En effet, comme l'ont montré Norman et Custers, le type de raisonnement utilisé dépend de la présentation du problème : typique ou atypique, étiologies claires ou multiples causes possibles ... (26–29). Notre étude peut être qualifiée d'exploratoire, puisqu'une seule vignette clinique a été utilisée pour l'évaluation. Des problèmes de types différents devraient être élaborés pour valider cette méthode, en adaptant si besoin les paramètres aux objectifs fixés.

En outre, utiliser plusieurs problèmes cliniques pourrait majorer la fiabilité de l'évaluation dans le cas où RAIMED serait à la fois utilisé pour mesurer les processus du RDI et le résultat de ceux-ci. De fait, la performance d'un étudiant à résoudre un problème ne préjuge pas de sa capacité à résoudre un problème différent. En effet, des études impliquant des consultations simulées à l'oral (79,80) ou à l'écrit et sur ordinateur (81–83), rapportaient constamment des corrélations inférieures à 0,3, ce qui montre que la performance dans un problème clinique prédit très mal la performance dans un autre problème. Selon Charlin et coll., ce phénomène, qu'ils appellent la spécificité de contenu (ou de cas), incite à réaliser de nombreuses évaluations courtes sur un éventail de cas plutôt qu'une évaluation longue d'un même cas (59).

Les étudiants ayant les meilleures performances diagnostiques ont eu un meilleur taux de réussite au questionnaire de connaissances fondamentales portant sur les sujets abordés, ce qui apporte un élément de validité interne à notre étude et souligne l'importance des connaissances fondamentales pour la résolution de problèmes cliniques. De fait, les savoirs théoriques (mémoire déclarative ou knowledge) constituent le socle de la pyramide de Miller relatif aux différents niveaux de l'évaluation clinique (annexe 12) (84).

En outre, la prise en compte du rang de classement académique a apporté des éléments de validité externe à notre étude, puisque les étudiants les mieux classés aux examens universitaires ont mieux répondu au questionnaire de connaissance présenté et ont trouvé plus de diagnostics.

En revanche, le questionnaire sur le type d'apprentissage de la sémiologie n'était pas significativement corrélé à la justesse diagnostique. Néanmoins, on note une tendance à un score plus élevé pour les étudiants ayant fait tous les diagnostics par rapport à ceux qui n'en ont fait aucun (SAP respectivement de 0,77 et de 0,70 avec $p=0,09$). L'absence de significativité de ce résultat peut être expliquée soit par un manque de puissance, soit par un biais de sélection. En effet, les étudiants de notre étude ont choisi par intérêt de participer à un enseignement optionnel de raisonnement clinique. De plus, leur rang de classement médian était meilleur que celui de leur promotion (92 versus 120), ce qui apporte un deuxième argument en faveur d'un biais de sélection.

Il est également possible que la formulation de certaines propositions ait influencé la sincérité de certains étudiants, qui n'auraient par exemple pas osé indiquer qu'ils apprenaient la sémiologie "au dernier moment" ou pour "éviter de ressentir une humiliation en stage" ou encore pour "ne pas échouer à l'examen de sémiologie" (annexe 2, propositions 17, 18 et 19). Ceci aurait engendré une diminution de la différence observée entre les groupes.

Il n'existe pour le moment aucun modèle des processus de raisonnement clinique, qu'il soit théorique ou issu de travaux de recherche, qui soit formellement établi (53). Notre étude semble avoir apporté une retranscription fidèle des processus du raisonnement diagnostique d'étudiants, avec une bonne validité apparente. En revanche, l'évaluation de ces processus a nécessité l'établissement de critères jugeant les résultats de ceux-ci. Pour évaluer la performance d'un raisonnement médical, du fait de l'absence de gold standard établi, nous avons opté pour sa finalité la plus indiscutable : la performance diagnostique, que nous avons choisi d'associer à des critères complémentaires évaluant les connaissances fondamentales (QCM et rang de classement) et le mode d'apprentissage de la sémiologie. Dans l'idéal, il aurait fallu valider un critère de justesse diagnostique en vérifiant que des experts du raisonnement obtenaient un meilleur score à partir des mêmes données initiales, de la même façon que, pour les tests de concordance de scripts, la référence est établie à partir des réponses d'un panel d'experts.

Le score de justesse diagnostique présentait l'avantage de ne pas suggérer les réponses, puisque l'étudiant sélectionnait les diagnostics parmi un thésaurus de 4500 termes. Ce choix nous a permis d'éviter l'effet d'indice (cueing effect), décrit dans l'étude de Mc Carthy, selon lequel l'indigence des réponses tel que la présentation d'une sélection limitée de diagnostics possibles améliore artificiellement la performance diagnostique des étudiants (85). L'exercice visant à établir des diagnostics sans cet indigence présentait une difficulté élevée pour des étudiants en 3^e année d'études. Page et Bordage ont effectivement montré que les formats de questions ne suggérant pas les réponses augmentaient la difficulté de l'exercice de 18% et diminuaient la performance de 14% par rapport à des questions avec indigence des réponses telles que les QCM courts (86).

Vu l'objectif fixé, nous avons délibérément choisi une vignette riche en diagnostics sémiologiques mais seul un étudiant sur trois a trouvé le diagnostic de cancer du pancréas; deux sur cinq ont trouvé le diagnostic d'embolie pulmonaire et trois sur cinq ont trouvé le diagnostic d'insuffisance cardiaque droite. Au total, seul un étudiant sur six a pu trouver les trois diagnostics. Un niveau de difficulté moins élevé aurait pu être établi en proposant à ces étudiants en premier cycle d'études un thésaurus plus simple, composé de moins de termes que les 4500 présentés, et leur permettant de sélectionner des diagnostics simplifiés ainsi que des syndromes. La quantité de syndromes composant la vignette (syndrome de cholestase ictérique, d'oedèmes par rétention hydrosodée, d'altération de l'état général ...) rendait possible cette simplification de l'exercice.

Nous avons comparé avec des tests de Student les moyennes des différents paramètres étudiés des groupes d'étudiants n'ayant fait aucun diagnostic ($n=18$) et ayant trouvé tous les diagnostics ($n=11$). Comparer ces groupes ayant la différence de moyennes des variables potentiellement la plus grande, au prix d'une diminution de l'effectif et d'une perte de puissance semblait le choix le plus indiscutable. Néanmoins, d'autres tests de Student auraient pu être réalisés en incluant un plus grand effectif, en comparant par exemple les étudiants ayant fait 0 ou 1 diagnostic à ceux en ayant fait 2 ou 3. Mais dans cette situation, la difficulté relative de chaque diagnostic aurait pu biaiser les résultats. Le choix du maximum de contraste entre les groupes semblait plus pertinent. Celui-ci étant arbitraire, nous avons complété l'étude statistique avec un test de corrélation de Pearson qui prenait en compte l'intégralité de l'effectif. Les variables statistiquement différentes étaient les mêmes pour ces deux types de tests statistiques, ce qui apporte un élément de validité interne à notre choix de comparaison de groupe pour le Student. La seule variable dont la significativité était différente entre les deux tests était le TCF, qui correspond au score obtenu au test de connaissance calculé sur le nombre de discordances, avec $p=0.08$ pour le test de Student et $p=0.05$ pour le test de Pearson. Le TCFA, quant à lui, était significatif pour les deux tests avec $p=0.005$ pour le Student et $p=0.001$ pour le Pearson. Ce score au même test, utilisant un calcul binaire, a donc été plus discriminant que le TCF.

Parmi les contraintes de faisabilité révélées par notre étude, nous constatons que l'utilisation de l'application nécessite une formation importante. Et malgré deux sessions d'entraînement à la résolution de vignettes avec RAIMED et des enseignements dirigés sur les différents concepts du RDI, de nombreux étudiants ont par exemple utilisé l'onglet "interprétation" pour faire des "catégories" telles que "insuffisance cardiaque droite". Le besoin en formation varie en fonction des enseignements déjà dispensés, ce qui dépend du niveau d'étude et des choix pédagogiques préalables de la faculté donnée. Les enseignements concernant le raisonnement diagnostique étant optionnels à la faculté de médecine de Nantes en 2019, les étudiants n'avaient pas bénéficié antérieurement d'autres formations sur ce sujet. De ce fait, certains parmi eux n'avaient peut-être pas acquis le niveau de connaissance requis pour participer à l'étude. Pour des études à venir, une évaluation préalable des acquis à ce sujet serait donc nécessaire afin de faciliter l'utilisation de RAIMED par tous.

Certains éléments concernant la validité de l'évaluation du RDI proposée sont à considérer. Reconnaissons d'abord que notre analyse du raisonnement présente les inconvénients d'une simulation à l'écrit. Même si la plupart des vérifications d'hypothèses demandées ont pu trouver leur réponse dans des parties ultérieures de l'énoncé, de nombreuses questions posées par les étudiants n'ont pas trouvé de réponse. Pour la plupart, il s'agissait de signes négatifs, et il était précisé que, lorsqu'un signe n'était pas décrit, il devait être considéré comme négatif. Malgré cela, il faut reconnaître que l'anamnèse était contrainte par les seules données de l'énoncé.

Dans le même ordre d'idées, les capacités d'observation n'ont pas été évaluées puisque les signes cliniques étaient indiqués: "son épouse lui trouve le teint jaune". Par ailleurs, les capacités à sélectionner des gestes déterminants d'examen physique et à en tirer des conclusions n'ont pas pu être testées: "vous retrouvez un reflux hépato-jugulaire franc, une hépatomégalie à bord tranchant." Pourtant, le raisonnement clinique est multidimensionnel et fortement intriqué à d'autres compétences telles que les habiletés (cliniques, techniques et interpersonnelles) et à des connaissances (fondamentales ou cliniques). Par exemple, la capacité d'intégration des données nécessite à la fois de les obtenir, ce qui fait partie des habiletés cliniques et également d'établir des stratégies de collectes, qui appartiennent au raisonnement. Aucun instrument ne permet de mesurer toutes ces dimensions, et l'évaluation de ces compétences intriquées par un seul instrument de mesure n'est pas validée. Par exemple, l'évaluation de la compétence clinique par des QCM n'était pas corrélée à la même évaluation au travers de consultations simulées dans une étude menée par Norman (87). Il est donc préférable de recourir à plus d'un moyen pour évaluer un processus aussi complexe que le raisonnement clinique (59). De plus, les évaluations écrites ou orales testent des niveaux de compétence différents selon la pyramide de Miller (annexe 12) (84).

Outre la validité et la fiabilité de la mesure réalisée par un outil d'évaluation, l'impact que peut avoir son utilisation sur les apprentissages est à considérer (88). L'évaluation est un puissant moteur de l'apprentissage (89). L'influence majeure du type d'évaluation sur les comportements d'apprentissage des étudiants doit être utilisée pour choisir un instrument d'évaluation plutôt qu'un autre (90). Il convient donc de choisir en fonction des compétences attendues des étudiants au terme de leur apprentissage et non en fonction de la facilité de conception ou d'utilisation. C'est pourquoi le type d'évaluation proposé avec RAIMED, en relation étroite avec une compétence essentielle de la profession médicale, devrait favoriser un apprentissage orienté vers l'acquisition d'un raisonnement clinique efficient.

Structurer la globalité des compétences attendues par le clinicien présente un intérêt pédagogique. En suivant la méthode cartésienne (11): "diviser chacune des difficultés [...] en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre", notre analyse a permis de décomposer la démarche diagnostique, en lui retirant certaines composantes, telles que les compétences communicationnelles et la réalisation de gestes techniques, pour cibler l'évaluation sur la réflexion diagnostique. Les étudiants ont ainsi pu se focaliser sur le recueil de données cliniques

et réfléchir à leur rythme à leur stratégie (hypothèses, etc.), sans avoir à respecter les contraintes d'une consultation (relation avec le patient, etc.).

Selon Jacques Tardif, la compétence est *“la mobilisation et l'utilisation effective et efficiente des ressources (cognitives, psychomotrices, informationnelles) permettant la résolution de problèmes ou la réalisation de tâches complexes”* (91) (p. 99). C'est *“un savoir-agir complexe prenant appui sur la mobilisation et la combinaison efficaces d'une variété de ressources internes et externes à l'intérieur d'une famille de situations”* (91) (p. 22). Les ressources internes proviennent de domaines cognitifs tels que la mémoire déclarative (mémoire épisodique et mémoire sémantique) et la mémoire non déclarative (mémoire des habiletés et mémoire perceptive, cf introduction), de ressources psychomotrices (savoir faire) ou affectives (savoir être). Les ressources externes peuvent être recherchées sur des bases de données ou obtenues auprès d'experts. Ce savoir agir se déploie dans un contexte donné. La définition européenne de la médecine générale regroupe six compétences fondamentales incluant notamment l'aptitude spécifique à la résolution de problèmes, divisée sous-compétences telles que la prise de décision déterminée par la prévalence et l'incidence des maladies en soins primaires et la gestion de situations au stade précoce et indifférencié, ainsi que l'intervention dans l'urgence quand cela est nécessaire (92).

Utilisée à l'oral, RAIMED pourrait évaluer l'aptitude de résolution de problèmes en contexte clinique et d'autres compétences telles que la communication, la gestion de l'urgence ... Pour cela, au lieu de présenter la vignette par écrit, il est possible d'utiliser l'application à l'issue d'une consultation simulée filmée entre un étudiant et un patient standardisé. Un débriefing avec un enseignant à l'aide de la vidéo enregistrée permettrait, sous la dictée de l'étudiant, de retranscrire par écrit dans RAIMED ses processus de raisonnement. Cette forme de consultation simulée, qui présente de nombreux avantages déjà décrits en introduction, augmenterait le degré d'authenticité en constituant une évaluation plus proche du futur exercice professionnel et permettrait aux étudiants d'éviter la contrainte de l'utilisation de RAIMED en même temps que s'établit leur démarche diagnostique et de retrouver la fluidité potentielle d'une “vraie” consultation.

De plus, le débriefing aidé par la vidéo de la consultation pourrait permettre de construire une carte procédurale du RDI de l'étudiant, de la même manière que Pottier et coll. ont pu en établir à partir d'une simulation à l'écrit (67). La combinaison de ces méthodes devrait améliorer la qualité de l'évaluation réalisée.

Quel que soit le format choisi, celui-ci doit être ancré dans des présentations de cas cliniques pour induire de réelles activités de raisonnement. La spécificité de cas, impliquant que la mesure de la compétence à résoudre un problème ne permet pas de prédire avec confiance la performance à résoudre un autre problème, incite à réaliser de nombreuses évaluations courtes sur un éventail de cas (59). Une étude comparant les variations des processus du RDI en fonction de l'utilisation de RAIMED soit avec des vignettes cliniques écrites, soit avec des consultations simulées filmées serait pertinente et intéressante.

Cette première évaluation de l'application RAIMED permet d'envisager cinq champs d'utilisation possibles :

Premièrement la représentation des séquences de raisonnements par l'engramme ou l'établissement de cartes procédurales permet de bien identifier et visualiser les processus erronés et ainsi de déconstruire des liens dysfonctionnels en vue de construire de nouvelles connexions lors d'un débriefing. La part relativement importante de processus erronés constatés dans notre étude, allant de 1/10e pour les étudiants ayant trouvé tous les diagnostics à 1/5e pour les étudiants n'ayant trouvé aucun diagnostic, rend cette étape d'autant plus importante. Les erreurs sont fréquentes, et en impliquant la vie humaine, les erreurs médicales causeraient entre 50 et 100 000 décès par an aux USA (93). Néanmoins, une aversion de l'erreur est contre productive (94). Pour Eva: "the bad can be good (i.e., mistakes can be beneficial)" comme l'indique l'adage selon lequel on apprend de ses erreurs (94). En effet, une étude a montré que le fait de tester ses compétences à la fin d'un cours de réanimation augmente les performances pour un même temps d'apprentissage (95). L'apprentissage du raisonnement diagnostique au travers d'études de cas cliniques résolus par d'autres étudiants ayant fait des erreurs s'est avéré plus efficace que l'étude de cas ne présentant pas d'erreur (96). L'effet pédagogique de l'apprentissage par l'erreur est donc à considérer sérieusement.

Deuxièmement, la comparaison de différents paramètres pertinents pour la résolution d'une vignette clinique donnée de l'étudiant par rapport à la moyenne du groupe ayant réussi l'exercice permet de cibler ses écueils et d'orienter son apprentissage. Pour la vignette de notre étude, les paramètres pertinents identifiés étaient le taux d'hypothèses, la réalisation de vérifications d'hypothèses, le taux de processus erronés, ...

Troisièmement, après avoir dépisté une défaillance du raisonnement, l'application peut être utilisée pour suivre la progression des indicateurs spécifiques renseignant l'étudiant sur son niveau de compétence dans des domaines à travailler. Cette méthode d'évaluation formative favoriserait l'apprentissage en profondeur de sous-compétences essentielles au raisonnement clinique. Par exemple, un étudiant qui présenterait des difficultés d'utilisation du raisonnement déductif pourrait en faire un objectif d'apprentissage prioritaire et suivre ce paramètre avec intérêt au cours de différentes sessions. Pour ce faire, des vignettes adaptées à chaque objectif pourraient être sélectionnées.

Quatrièmement, en plus de permettre aux étudiants d'adapter leurs stratégies d'apprentissage à leurs besoins, RAIMED pourrait aider les enseignants à ajuster leur méthode pédagogique (feed-back). Par exemple, comparer, pour un sujet donné, l'impact sur le raisonnement du type d'enseignement dispensé à des groupes d'étudiants permettrait de choisir les plus efficaces pour la pratique. Ainsi, l'enseignement de l'anémie selon deux modes (cours magistraux et enseignements dirigés orientés sur la construction d'un organigramme logique) pourrait être évalué en présentant plusieurs vignettes cliniques impliquant une anémie ainsi qu'un test de connaissance sur le sujet.

Cinquièmement, RAIMED est un outil plastique, pouvant évaluer différentes compétences telles les connaissances fondamentales, la compréhension de processus physiopathologiques avec la proposition d'un scénario, le recueil de données cliniques, le raisonnement clinique voire certaines qualités relationnelles... Pour évaluer ces dernières, une hétéro-évaluation de la relation pourrait par exemple être effectuée par un patient standardisé participant à une consultation simulée selon une grille d'évaluation à définir.

Au total, en fonction des objectifs, l'évaluation peut être orientée sur un thème spécifique ou transversal, cibler la démarche diagnostique ou la démarche décisionnelle, voire un type de raisonnement particulier (déductif, etc.). De multiples comparaisons peuvent être effectuées en fonction de l'ancienneté de l'expérience clinique (premier cycle, deuxième cycle, interne, sénior), de la spécialité (médecine générale, urgentiste, interniste, etc.), ... Le niveau de difficulté pourra être adapté en présentant un cas typique ou atypique, rare ou fréquent, bien défini ou non, avec de nombreux distracteurs ou non, etc.

La validité de cet outil perçue par les étudiants eux-mêmes serait intéressante à évaluer ultérieurement, de même que l'influence de son utilisation sur les apprentissages. Faire appel à l'avis des utilisateurs devrait permettre d'améliorer l'interface. Une évolution vers d'autres interfaces numériques (tablette, smartphone, etc.) pourrait faciliter l'intégration de cette application parmi les outils de travail personnel des étudiants.

En conclusion, le raisonnement clinique est multidimensionnel. Ni l'analyse, ni l'évaluation de celui-ci par un seul outil n'étant validées à ce jour, la mise au point de différents moyens pertinents est donc nécessaire. Le développement de l'application RAIMED constitue un outil de simulation numérique original permettant d'évaluer les processus du RDI. D'autres études sont nécessaires pour valider cet outil qui pourrait être utilisé par les enseignants pour procéder à l'évaluation formative des étudiants.

BIBLIOGRAPHIE

1. Delamare J. Dictionnaire illustré des termes de médecine. 31e éd. revue et augmentée par Jacques Delamare. Paris : Maloine; 2012. 1088 p.
2. Paolaggi JB, Coste J. Le raisonnement médical: de la science à la pratique clinique. Paris : ESTEM; 2001. 265 p.
3. Haynes RB. Clinical expertise in the era of evidence-based medicine and patient choice. *Evidence-Based Medicine*. Mars 2002;7(2):36-8.
4. Chouilly J, Ferru P, Jouteau D, Olivier K. Pour un retour au raisonnement clinique: ou comment apprivoiser l'incertitude diagnostique. Saint-Cloud : Global media santé; 2019. 193 p. (Le plaisir de comprendre).
5. Eva KW. Ce que tout enseignant devrait savoir concernant le raisonnement clinique. *Pédagogie Médicale*. Nov 2005;6(4):225-34.
6. Hippocrate, Daremberg CV. Le Pronostic. CreateSpace Independent Publishing Platform; 2018. 34 p.
7. Kandel O, Bousquet MA, Chouilly J. Manuel théorique de médecine générale: 41 concepts nécessaires à l'exercice de la discipline. Saint-Cloud : Global media santé; 2015. 207 p. (Le plaisir de comprendre).
8. Kneale WC, Kneale M. The development of logic. Oxford : Clarendon Press ; Oxford University Press; 1962. 761 p.
9. Platon. Phédon. Paris : Flammarion; 1991. 448 p. (Texte intégral Garnier Flammarion).
10. Galien C. De sanitate tuenda [Internet]. 131 apr. J.-C. [cité le 18 févr 2023]. Disponible sur: https://data.bnf.fr/12512788/claude_galien_de_sanitate_tuenda/
11. Descartes R. Discours de la méthode. Leyde ; 1637.
12. Bacon F. Novum organum ; nouv. trad. en français ... [Internet]. 1857 [cité le 10 févr 2023]. Disponible sur : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k201287p>
13. Bernard C. Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Paris : J.-B. Baillière et fils; 1865. 408 p.
14. Popper KR. Logik der Forschung. 4e éd. Berlin : Akademie Verlag; 2013. 273 p. (Klassiker auslegen).
15. Popper KR. Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge. London ; New York : Routledge; 2002. 582 p. (Routledge classics).
16. Bachelard G. Le Rationalisme appliqué. 4e éd. Paris: Presses Universitaires de France ; 2004. 224 p.
17. Richard JF. Les activités mentales: de l'interprétation de l'information à l'action. 4e éd. Paris : A. Colin; 2005. 430 p. (Collection U).
18. Charlin B, Lubarsky S, Millette B, Crevier F, Audétat MC, Charbonneau A, et al. Clinical reasoning processes: unravelling complexity through graphical representation. *Medical Education*. Mai 2012;46(5):454-63.
19. Pottier P, Planchon B. Les activités mentales au cours du raisonnement médical diagnostique. *La Revue de Médecine Interne*. Juin 2011;32(6):383-90.
20. Lemieux M, Bordage G. Propositional versus structural semantic analyses of medical diagnostic thinking. *Cognitive Science*. Avr 1992;16(2):185-204.
21. Lemieux M, Bordage G. Structuralisme et pédagogie médicale: étude comparative des stratégies cognitives d'apprentis-médecins. RSSI Rech sémiot, Semiot inq. Toronto : Canadian Semiotic Research Association; 1986;6(2):143-79.
22. Dictionnaire Gaffiot latin-français. Abductio. [Internet]. 1934 [cité le 5 mars 2023]. Disponible sur: <https://www.lexilogos.com/latin/gaffiot.php?q=abductio>

23. Kulatunga-Moruzi C, Brooks LR, Norman GR. Coordination of analytic and similarity-based processing strategies and expertise in dermatological diagnosis. *Teach Learn Med.* 2001;13(2):110-6.
24. Nendaz M, Charlin B, Leblanc V, Bordage G. Le raisonnement clinique: données issues de la recherche et implications pour l'enseignement. *Pédagogie Médicale.* Nov 2005;6(4):235-54.
25. Audétat MC, Rieder A, Sommer J. Teaching clinical reasoning is more like detective work than you might imagine. *Rev Med Suisse.* Mai 2017;13(562):981-5.
26. Norman GR, Coblenz CL, Brooks LR, Babcook CJ. Expertise in visual diagnosis: a review of the literature. *Academic Medicine.* Oct 1992;67(10):S78.
27. Norman GR, Schmidt HG. The psychological basis of problem-based learning: a review of the evidence. *Academic Medicine.* Sept 1992;67(9):557.
28. Norman G. Dual processing and diagnostic errors. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* Sept 2009;14 Suppl 1:37-49.
29. Custers EJFM. Medical education and cognitive continuum theory: an alternative perspective on medical problem solving and clinical reasoning. *Acad Med.* Août 2013;88(8):1074-80.
30. Norman GR, Brooks LR, Colle CL, Hatala RM. The Benefit of Diagnostic Hypotheses in Clinical Reasoning: Experimental Study of an Instructional Intervention for Forward and Backward Reasoning. *Cognition and Instruction.* Déc 1999;17(4):433-48.
31. Édition professionnelle du Manuel MSD [Internet]. Figure: Nomogramme de Fagan; [cité le 12 févr 2023]. Disponible sur: <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/multimedia/figure/nomogramme-de-fagan>
32. Fagan TJ. Nomogram for Bayes's Theorem. *New England Journal of Medicine.* Juil 1975;293(5):257-257.
33. Shapiro DJ, Barak-Corren Y, Neuman MI, Mandl KD, Harper MB, Fine AM. Identifying Patients at Lowest Risk for Streptococcal Pharyngitis: A National Validation Study. *The Journal of Pediatrics.* Mai 2020;220:132-138.e2.
34. Wells P, Anderson D, Rodger M, Ginsberg J, Kearon C, Gent M, et al. Derivation of a Simple Clinical Model to Categorize Patients Probability of Pulmonary Embolism-Increasing the Models Utility with the SimpliRED D-dimer. *Thrombosis and haemostasis.* Mars 2000;83:416-20.
35. Référentiel du Collège des Enseignants de Pneumologie (CEP) pour la préparation des ECN. 7è éd. [Internet]. 2021 [cité le 4 mars 2023]. Disponible sur: <http://cep.splf.fr/edition-2021-du-referentiel-du-college-des-enseignants-de-pneumologie-cep-pour-la-preparation-des-ecn-7eme-edition/>
36. Kahneman D, Slovic P, Tversky A, rédacteurs. *Judgment under uncertainty: heuristics and biases.* Cambridge ; New York : Cambridge University Press; 1982. 555 p.
37. Kahneman D, Tversky A. On the psychology of prediction. *Psychological Review.* US : American Psychological Association; 1973;80:237-51.
38. Audétat MC, Béique C, Caire Fon N, Laurin S, Sanche G. Difficultés de raisonnement clinique : aide au diagnostic pédagogique et aux stratégies de remédiation. Université de Montréal, CPASS (centre de pédagogie appliquée aux sciences de la santé) [Internet]. [cité le 14 oct 2022]. Disponible sur: https://eo.umontreal.ca/wp-content/uploads/sites/32/GUIDE_aide_diagnostic.pdf
39. Hatala R, Norman GR, Brooks LR. Influence of a Single Example on Subsequent Electrocardiogram Interpretation. *Teaching and Learning in Medicine.* Routledge. Avr 1999;11(2):110-7.
40. Chapman LJ, Chapman JP. Illusory correlation as an obstacle to the use of valid psychodiagnostic signs. *Journal of Abnormal Psychology.* US : American Psychological Association; 1969;74:271-80.
41. Eva KW. The Aging Physician: Changes in Cognitive Processing and Their Impact on Medical Practice. *Academic Medicine.* Oct 2002;77(10):S1.

42. Sanche G, Audétat MC, Laurin S. Aborder le raisonnement clinique du point de vue pédagogique - III. Les difficultés de raisonnement clinique à l'étape du traitement et du raffinement des hypothèses : la fermeture prématurée. *Pédagogie Médicale*. Mai 2012;13(2):103-8.
43. Croskerry P. The Importance of Cognitive Errors in Diagnosis and Strategies to Minimize Them. *Academic Medicine*. Août 2003;78(8):775.
44. Mamede S, van Gog T, van den Berge K, Rikers RMJP, van Saase JLCM, van Guldener C, et al. Effect of Availability Bias and Reflective Reasoning on Diagnostic Accuracy Among Internal Medicine Residents. *JAMA*. Sept 2010;304(11):1198-203.
45. Squire LR, Kandel ER, Desgranges B, Eustache F. La mémoire: de l'esprit aux molécules. Paris/Bruxelles: De Boeck université; 2002. 296 p. (Neurosciences & cognition).
46. Milner B, Squire LR, Kandel ER. Cognitive Neuroscience and the Study of Memory. *Neuron*. Édimbourg, Londres, Amsterdam : Elsevier; 1998;20(3):445-68.
47. Schank RC, Abelson RP. Scripts, plans, goals and understanding: an inquiry into human knowledge structures. New York : Psychology Press; 2008. 248 p. (The artificial intelligence series).
48. Schmidt HG, Norman GR, Boshuizen HP. A cognitive perspective on medical expertise: theory and implication. *Acad Med*. Oct 1990;65(10):611-21.
49. Bordage G. Elaborated knowledge: a key to successful diagnostic thinking. *Acad Med*. Nov 1994;69(11):883-5.
50. Charlin B, Boshuizen HPA, Custers EJ, Feltovich PJ. Scripts and clinical reasoning. *Med Educ*. Déc 2007;41(12):1178-84.
51. Schmidt HG, Rikers RMJP. How expertise develops in medicine: knowledge encapsulation and illness script formation. *Med Educ*. Déc 2007;41(12):1133-9.
52. Collège des Enseignants de Neurologie. Compression médullaire non traumatique et syndrome de la queue de cheval [Internet]. Sept 2016 [cité le 19 févr 2023]. Disponible sur: <https://www.cen-neurologie.fr/fr/deuxieme-cycle/compression-medullaire-non-traumatique-syn-drome-queue-cheval>
53. Higgs J, Jensen GM, Loftus S, Christensen N, rédacteurs. Clinical reasoning in the health professions. 4e éd. [Internet]. Édimbourg, Londres, Amsterdam : Elsevier; 2019. 511 p. Disponible sur: <https://jums.ac.ir/Dorsapax/userfiles/file/JoyHiggs.pdf>
54. Biggs JB. Study Process Questionnaire Manual. Student Approaches to Learning and Studying [Internet]. Australian Council for Educational Research Ltd; 1987 [cité le 21 févr 2023]. Disponible sur: <https://eric.ed.gov/?id=ED308200>
55. Biggs J, Kember D, Leung DY. The revised two-factor Study Process Questionnaire: R-SPQ-2F. *Br J Educ Psychol*. Mars 2001;71(Pt 1):133-49.
56. Pottier P, Derkinderen P, Barrier J, Sevin M, Rogez JM, Planchon B. Étude descriptive des pratiques d'apprentissage d'étudiants en quatrième année de médecine dans une faculté française et de leurs performances à résoudre un problème. *Pédagogie Médicale*. Mai 2008;9(2):70-82.
57. Voisin G. Évolution des compétences cliniques des étudiants en médecine au cours d'un programme de simulation de consultations de médecine ambulatoires: une étude longitudinale, descriptive et analytique sur 3 ans [Thèse d'exercice]. Université de Nantes. Pôle Santé. UFR Médecine et Techniques Médicales; 2017. 63 p.
58. Case SM, Swanson DB, Stillman PL. Evaluating diagnostic pattern recognition: the psychometric characteristics of a new item format. *Res Med Educ*. 1988;27:3-8.
59. Charlin B, Bordage G, Vleuten CVD. L'évaluation du raisonnement clinique. *Pédagogie Médicale*. Févr 2003;4(1):42-52.
60. Page G, Bordage G, Allen T. Developing key-feature problems and examinations to assess clinical decision-making skills. *Acad Med*. Mars 1995;70(3):194-201.

61. Renaud JS, Ratté F, Thériault JF, Roy AM, Côté L. Questions de planification clinique : un nouvel outil pour évaluer la capacité des étudiants en médecine à identifier les éléments-clés discriminants d'un diagnostic différentiel. *Pédagogie Médicale*. Fév 2016;17(1):65-75.
62. Bowen JL. Educational Strategies to Promote Clinical Diagnostic Reasoning. *New England Journal of Medicine*. Nov 2006;355(21):2217-25.
63. Charlin B, Gagnon R, Sibert L, Vleuten CV. Le test de concordance de script, un instrument d'évaluation du raisonnement clinique. *Pédagogie Médicale*. Août 2002;3(3):135-44.
64. Marchand C, d'Ivernois JF. Les cartes conceptuelles dans les formations en santé. *Pédagogie Médicale*. Nov 2004;5(4):230-40.
65. West DC, Pomeroy JR, Park JK, Gerstenberger EA, Sandoval J. Critical Thinking in Graduate Medical Education A Role for Concept Mapping Assessment? *JAMA*. Sept 2000;284(9):1105-10.
66. Arocha JF, Wang D, Patel VL. Identifying reasoning strategies in medical decision making: a methodological guide. *J Biomed Inform*. Avr 2005;38(2):154-71.
67. Pottier P, Planchon B, Hardouin JB, Sebillé V, Rogez JM, Barrier JH. Évaluation préliminaire de la validité de construit d'un dispositif cartographique (carte procédurale) pour l'étude du raisonnement clinique. *Pédagogie Médicale*. Mai 2011;12(2):87-101.
68. Pottier P, Hardouin JB, Hodges BD, Pistorius MA, Connault J, Durant C, et al. Exploring how students think: a new method combining think-aloud and concept mapping protocols. *Medical Education*. 2010;44(9):926-35.
69. Audétat MC, Laurin S, Sanche G. Aborder le raisonnement clinique du point de vue pédagogique - I. Un cadre conceptuel pour identifier les problèmes de raisonnement clinique. *Pédagogie Médicale*. Nov 2011;12(4):223-9.
70. Audétat MC, Laurin S, Sanche G. Aborder le raisonnement clinique du point de vue pédagogique - II. Les difficultés de raisonnement clinique à l'étape du recueil initial des données et de la génération d'hypothèses. *Pédagogie Médicale*. Nov 2011;12(4):231-6.
71. Laurin S, Audétat MC, Sanche G. Aborder le raisonnement clinique du point de vue pédagogique - IV. Les difficultés de raisonnement clinique à l'étape du raffinement et du traitement des hypothèses : les difficultés de priorisation. *Pédagogie Médicale*. Mai 2012;13(2):109-14.
72. Laurin S, Audétat MC, Sanche G. Aborder le raisonnement clinique du point de vue pédagogique - V. Les difficultés de raisonnement clinique à l'étape de l'élaboration d'un portrait global de la situation clinique. *Pédagogie Médicale*. Août 2012;13(3):203-8.
73. Sanche G, Audétat MC, Laurin S. Aborder le raisonnement clinique du point de vue pédagogique - VI. Les difficultés de raisonnement clinique à l'étape de l'élaboration du plan d'intervention. *Pédagogie Médicale*. Août 2012;13(3):209-14.
74. Norcini JJ, Blank LL, Duffy FD, Fortna GS. The mini-CEX: a method for assessing clinical skills. *Ann Intern Med*. Mars 2003;138(6):476-81.
75. Bonnard G, Cohen-Aubart F, Steichen O, Bourgarit A, Abad S, Ranque B, et al. Reliability and validity of a workbook for assessment of professional competencies of internal medicine residents. *Rev Med Interne*. Juillet 2019;40(7):419-26.
76. Nendaz MR, Gut AM, Perrier A, Louis-Simonet M, Reuille O, Junod AF, et al. Common strategies in clinical data collection displayed by experienced clinician-teachers in internal medicine. *Med Teach*. Août 2005;27(5):415-21.
77. Bordage G, Connell KJ, Chang RW, Gecht MR, Sinacore JM. Assessing the semantic content of clinical case presentations: studies of reliability and concurrent validity. *Academic Medicine*. Oct 1997;72(10):S37.

78. Chamberland M. Les séances d'apprentissage du raisonnement clinique (ARC) : Un exemple d'activité pédagogique contextualisée adaptée aux stages cliniques en Médecine. *Annales De Medecine Interne* [Internet]. Déc 1998 [cité le 12 févr 2023]; Disponible sur: [https://www.semanticscholar.org/paper/Les-s%C3%A9ances-d%27apprentissage-du-raisonnement-\(ARC\)-%3A-Chamberland/e604bf623c4acd37d01d04d84829d22c30f16042](https://www.semanticscholar.org/paper/Les-s%C3%A9ances-d%27apprentissage-du-raisonnement-(ARC)-%3A-Chamberland/e604bf623c4acd37d01d04d84829d22c30f16042)
79. Norman GR, Tugwell P, Feightner JW. A comparison of resident performance on real and simulated patients. *J Med Educ*. Sept 1982;57(9):708-15.
80. Elstein AS, Shulman LS, Sprafka SA. *Medical Problem Solving: An Analysis of Clinical Reasoning*. Cambridge, MA : Harvard University Press; 1978. 330 p.
81. Berner ES, Bligh TJ, Guerin RO. An indication for a process dimension in medical problem-solving. *Medical Education*. 1977;11(5):324-8.
82. Norcini JJ, Swanson DB, Grosso LJ, Webster GD. A comparison of several methods for scoring patient management problems. *Proc Annu Conf Res Med Educ*. 1983;22:41-6.
83. Skakun EN, Taylor WC, Wilson DR, Taylor TR, Grace M, Fincham SM. *A Preliminary Investigation of Computerized Patient Management Problems in Relation to Other Examinations*. Educational and Psychological Measurement. SAGE Publications Inc. Juill 1979;39(2):303-10.
84. Miller GE. The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine*. Sept 1990;65(9):S63.
85. McCarthy WH. An assessment of the influence of cueing items in objective examinations. *J Med Educ*. Mars 1966;41(3):263-6.
86. Page G, Bordage G. The Medical Council of Canada's key features project: a more valid written examination of clinical decision-making skills. *Academic Medicine*. Fév 1995;70(2):104.
87. Norman GR, Tugwell P, Feightner JW, Muzzin LJ, Jacoby LL. Knowledge and clinical problem-solving. *Med Educ*. Sept 1985;19(5):344-56.
88. Wass V, Van der Vleuten C, Shatzer J, Jones R. Assessment of clinical competence. *Lancet*. Mars 2001;357(9260):945-9.
89. Raupach T, Brown J, Anders S, Hasenfuss G, Harendza S. Summative assessments are more powerful drivers of student learning than resource intensive teaching formats. *BMC Med*. Mars 2013;11:61.
90. Newble DI, Entwistle NJ. Learning styles and approaches: implications for medical education. *Med Educ*. Mai 1986;20(3):162-75.
91. Tardif J, Fortier G, Préfontaine C. *L'évaluation des compétences: documenter le parcours de développement*. Montréal : Chenelière-éducation; 2006.
92. Allen DJ, Gay B, Crebolder H, Heyrman J, Svab I, Ram P. La définition européenne de la médecine générale - médecine de famille. [Internet]. WONCA Europe (Société Européenne de médecine générale - médecine de famille); 2002. Disponible sur: https://www.cnge.fr/media/docs/cnge_files/file_manager/congres_clermont_2013/Definition_Europeenne_de_la_Medecine_Generale_Wonca_Europe_2002.pdf
93. To Err Is Human: Building a Safer Health System [Internet]. Washington, D.C. : National Academies Press; 2000 [cité le 18 mai 2023]. Disponible sur: <http://www.nap.edu/catalog/9728>
94. Eva KW. Diagnostic error in medical education: where wrongs can make rights. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. Sept 2009;14 Suppl 1:71-81.
95. Kromann CB, Jensen ML, Ringsted C. The effect of testing on skills learning. *Med Educ*. Janv 2009;43(1):21-7.
96. Kopp V, Stark R, Fischer MR. Fostering diagnostic knowledge through computer-supported, case-based worked examples: effects of erroneous examples and feedback. *Med Educ*. Août 2008;42(8):823-9.

ANNEXES

Annexe 1: Traduction du questionnaire de Biggs: Revised two-factor Study Process Questionnaire (R-SPQ-2F) (55,56):

Partie 1 : Questionnaire

Instructions :

Il n'existe pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Il est important que vous répondiez à chaque question aussi spontanément que possible. Les réponses au questionnaire seront traitées anonymement.

Cocher pour chaque item l'option correspondant aux réponses suivantes :

- A. Cet item n'est jamais ou seulement rarement vrai pour moi
- B. Cet item est vrai de temps en temps pour moi
- C. Cet item est vrai environ une fois sur deux pour moi
- D. Cet item est souvent vrai pour moi
- E. Cet item est toujours ou presque toujours vrai pour moi

Choisissez la réponse la plus appropriée à chaque item. Cochez l'option qui correspond le mieux à votre première réaction. Ne passez pas trop de temps sur chaque item: votre première réaction est probablement la meilleure. Nous vous remercions de votre coopération.

1. ___ J'éprouve un sentiment de profonde satisfaction personnelle quand j'étudie.
2. ___ Pour être satisfait, je dois travailler suffisamment sur un sujet afin de pouvoir établir mes propres conclusions.
3. ___ Mon but est de réussir aux examens en travaillant le moins possible.
4. ___ Je n'étudie sérieusement que ce qui m'est donné en cours, ou ce qui est au programme.
5. ___ Potentiellement, n'importe quel sujet peut être très intéressant, une fois que je m'y mets.
6. ___ La plupart des nouveaux sujets m'intéressent, et je consacre du temps supplémentaire pour compléter les informations sur ces sujets.
7. ___ Je ne trouve pas les cours très intéressants, donc je travaille le moins possible.
8. ___ J'apprends certaines choses par répétition, en y revenant encore et encore jusqu'à ce que je les sache par cœur même si je ne les comprends pas.
9. ___ Étudier la matière des cours universitaires peut être aussi stimulant qu'un bon roman ou un bon film.
10. ___ Je m'évalue moi-même sur les thèmes importants jusqu'à ce que je les comprenne complètement

- 11.____ Pour réussir les examens, je m'en sors en mémorisant des parties clé plutôt qu'en essayant de les comprendre.
- 12.____ Je limite mon travail à ce qui est demandé spécifiquement, car je pense qu'il n'est pas nécessaire de faire des choses en plus.
- 13.____ Je travaille beaucoup pour mes études parce que je trouve le contenu intéressant.
- 14.____ Je passe beaucoup de mon temps libre à approfondir les thèmes intéressants qui ont été présentés dans les différents cours.
- 15.____ Je ne trouve pas utile d'étudier un sujet en profondeur: cela embrouille et fait perdre du temps, alors qu'il suffit d'en avoir une connaissance momentanée.
- 16.____ Les enseignants ne devraient pas s'attendre à ce que les étudiants passent beaucoup de temps à étudier la matière dont chacun sait qu'elle ne sera pas testée.
- 17.____ J'arrive aux cours avec en tête des questions pour lesquelles j'aimerais des réponses.
- 18.____ Je m'assure d'avoir regardé la plupart des lectures conseillées qui accompagnent les cours.
- 19.____ Je ne vois pas l'intérêt d'apprendre la matière de cours qui ne sera probablement pas à l'examen.
- 20.____ La meilleure façon de réussir les examens est d'essayer de mémoriser les réponses aux questions probables.

Vérifiez que vous avez bien répondu à toutes les questions. Merci

Partie 2 : Correction

- Score
 - A=1
 - B =2
 - C =3
 - D=4
 - E=5
- Approche en profondeur : 10 questions :
 - Motifs : 5 questions (nos : 1, 5, 9, 13, 17)
 - Éléments stratégiques : 5 questions (nos : 2, 6, 10, 14, 18).
- Approche en surface : 10 questions :
 - Motifs : 5 questions (nos : 3, 7, 11, 15, 19).
 - Éléments stratégiques : 5 questions (nos : 4, 8, 12, 16, 20).

Annexe 2 : Questionnaire sur le type d'apprentissage de la sémiologie (utilisé dans notre étude)

Partie 1 : Questionnaire

Concernant votre façon d'apprendre la sémiologie, indiquez si les affirmations suivantes s'appliquent à vous ?

- Pas du tout
- Pas vraiment
- Plutôt oui
- Tout à fait

- 1) (BM) Je cherche vraiment à améliorer mes connaissances pour être performant face à un patient.
- 2) (AP) J'apprends par strates en commençant par mémoriser uniquement les notions fondamentales.
- 3) (AS) Dès ma première lecture du cours j'essaie de mémoriser le maximum de connaissances
- 4) (AP) Lorsque j'aborde un cours, j'essaie d'abord de comprendre l'intérêt pratique du sujet pour mon exercice futur.
- 5) (BP) J'apprends avec l'idée de me distinguer des autres étudiants de ma promotion.
- 6) (AS) Devant un cours de sémiologie dense, avant de l'apprendre, je surligne les mots qui me semblent importants.
- 7) (AP) J'essaie le plus souvent possible de comprendre ce que j'apprends.
- 8) (AP) Lorsque j'apprends, j'essaie à chaque fois d'établir ma propre synthèse.
- 9) (AP) J'évalue très fréquemment mes connaissances récemment acquises.
- 10) (MI) Il m'arrive fréquemment d'éprouver de l'intérêt vis-à-vis du contenu d'un cours de sémiologie.
- 11) (AP) Lorsque je ne comprends pas bien un cours j'essaie de consulter plusieurs sources différentes afin de mieux comprendre.
- 12) (AS) Le cours enseigné à la faculté reste ma seule référence d'apprentissage quelle que soit sa qualité.
- 13) (AP) J'ai le souci constant de faire vérifier par un sénior la pertinence de mon examen physique.
- 14) (AP) Lorsque les thèmes abordés s'y prêtent, je révise le plus souvent possible les notions d'anatomie et/ou de physiopathologie concernées.
- 15) (AS) Je privilégie le plus souvent la répétition de l'apprentissage sur la compréhension physiopathologique.
- 16) (AS) Je fais souvent appel à des moyens mnémotechniques pour mémoriser.
- 17) (MN) J'apprends en priorité pour éviter de ressentir une humiliation en stage si on me pose une question.

- 18) (AS) J'apprends souvent au dernier moment avant les examens pour favoriser ma mémorisation.
- 19) (MN) Mon objectif essentiel est de ne pas échouer à l'examen de séméiologie de fin de 1er cycle.
- 20) (BM) J'apprends la séméiologie dans un souci dominant de stratégie diagnostique efficiente devant un patient.
- 21) (AS) Ma base d'apprentissage de la séméiologie reste avant tout les annales de l'examen oral de séméiologie.
- 22) (AS) Je travaille ma séméiologie en hiérarchisant systématiquement les sujets « tombables » aux examens écrits et oraux.
- 23) (MN) Je travaille ma séméiologie en grande partie pour ne pas me retrouver en stage de rattrapage de séméiologie en Juin.
- 24) (AP) Je synthétise chaque fois que possible, mes connaissances séméiologiques sous la forme d'un arbre décisionnel construit sur des nœuds discriminants
- 25) (MN) Je garde un mauvais souvenir de mon apprentissage de l'anatomie morphologique pendant ma/mes PACES.
- 26) (BP) Il m'arrive régulièrement de favoriser mes orientations diagnostiques ou mon apprentissage de la séméiologie au détriment de l'apprentissage des matières fondamentales de DFGSM3.
- 27) (BM) J'essaie de favoriser le travail en groupe pour l'apprentissage de l'examen physique.
- 28) (BP) Je travaille en groupe pour optimiser mon temps de révisions.

Partie 2 : Légende pour la correction

- BM = But d'accomplissement de maîtrise (+)
- BP = But d'accomplissement de performance (-)
- AS = Approche superficielle (-)
- AP = Approche en profondeur (+)
- MI = Motivation intrinsèque (+)
- MN = Motivation extrinsèque négative (-)

Annexe 3 : La vignette clinique utilisée pour l'évaluation de RAIMED

Partie 1 :

- Patient de 64 ans, 1,75m, 75 kg (poids il y a 1 semaine),
- plombier,
- consulte pour gonflement des jambes,
- depuis 3-4 jours.
- Il exprime des difficultés pour retirer ses chaussures le soir,
- et décrit une empreinte nette des chaussettes. +++
- Le gonflement est retrouvé jusqu'à mi-cuisse.
- Poids actuel contrôlé de 82 kg.
- Il fume (30 paquets-années)
- et consomme environ 1 litre de vin de table par jour.
- Il est par ailleurs atteint de bronchite chronique depuis une quinzaine d'années.
- Vous le suivez pour une HTA équilibrée sous traitement par perindopril depuis 3 ans.

Partie 2 :

- Vous réalisez une BU qui est négative.
- Vous relevez une dyspnée d'effort évoluant depuis plusieurs mois,
- et qui s'est nettement majorée depuis 1 semaine,
- sans exacerbation de la toux ou des crachats.
- A l'auscultation, vous ne retrouvez que quelques râles bronchiques.
- Son rythme cardiaque est régulier, mesuré à battements 105 /min.
- Vous retrouvez un reflux hépato-jugulaire franc,
- une hépatomégalie à bord tranchant
- et un pôle inférieur de rate palpable.
- Alors que vous reprenez l'examen de ses membres inférieurs, le patient vous indique qu'il a présenté une douleur de la jambe gauche 10 jours auparavant,
- spontanée,
- permanente,
- isolée, sans modifications tégumentaires.
- Il a banalisé cette douleur rapportée à un faux mouvement.
- Vous mesurez une température de 37,8°C.

Partie 3 :

- Il est asthénique depuis plusieurs semaines
- et a perdu l'appétit depuis 3 mois.
- Actuellement, il ne sort plus de chez lui.
- Son poids antérieur était de 80 kg.
- Son épouse lui trouve le teint jaune
- et vous informe qu'il se gratte de plus en plus.
- Ses selles sont décolorées.
- Vous constatez à l'examen de l'abdomen une masse ovoïde non douloureuse de l'hypochondre droit.

Annexe 4 : Onglet de catégorisation

La catégorisation est le regroupement de données caractéristiques d'un syndrome, d'une localisation anatomique ou d'un mécanisme physiopathologique en une catégorie. Il est suggéré à l'étudiant de créer une catégorie lorsque celle-ci est certaine. Si des données manquent pour créer la catégorie, l'utilisation de l'onglet de génération d'hypothèse est à privilégier, en précisant la phase déductive nécessaire pour la vérification de l'hypothèse. L'onglet "Catégories" permet la proposition d'une catégorie à partir d'une sélection d'arguments disponibles (données, interprétations, etc.).

Concernant la vignette clinique utilisée lors de la séances d'évaluation de RAIMED, la catégorie C01: "OMI (œdèmes des membres inférieurs) depuis 3 jours par rétention hydro-sodée" peut être proposée en étant justifiée par les arguments suivants:

- I02 : "OMI avec prise du godet",
- D02 : "depuis 3-4 jours",
- I01 : "œdèmes à recrudescence vespérale"
- et I03 : "OMI avec prise de 7 kg en 1 semaine" (figure 51).

The screenshot displays the 'Catégories' tab within the RAIMED software. On the left, a list of available arguments is shown, with I03 ('OMI avec prise de 7 kg en 1 semaine') highlighted. The main area shows the 'CATEGORIES' tab selected, with a new category 'C01' being created. The description for C01 is 'OMI depuis 3 jours par rétention hydro-sodée'. Below the description, the arguments D02, I02, I01, and I03 are selected to justify the category. The interface also includes buttons for 'ENREGISTRER', 'ANNULER', 'EPREUVE', and 'MENU'.

Figure 51 : Onglet de création de catégories

Annexe 5 : Onglet permettant d'émettre des hypothèses

L'onglet "HYPOTHÈSES" permet à l'étudiant de proposer des hypothèses d'intérêt pour son orientation diagnostique. Une hypothèse peut être catégorielle (lorsque la catégorie n'est pas certaine) ou étiologique et impose une phase déductive pour vérification. Une hypothèse peut être émise de façon isolée ou bien plusieurs hypothèses peuvent être émises d'emblées (diagnostics différentiels) pour une même justification.

Concernant la vignette clinique utilisée lors de la séances d'évaluation de RAIMED, il est possible d'émettre simultanément les hypothèses suivantes: H01 "Insuffisance cardiaque droite", H02 "Décompensation hépatique oedémato-ascitique" et H03 "Hypoalbuminémie par protéinurie", toutes trois justifiées par la même catégorie C01: "OMI depuis 3 jours par rétention hydro-sodée" (figure 52).

The screenshot displays the 'Analyse raisonnement' window with the 'HYPOTHESES' tab selected. On the left, a list of data points is shown, with 'C01 OMI depuis 3 jours par rétention hydro-sodée' highlighted. The main area contains a text input field for adding hypotheses, with 'H03 Hypoalbuminémie par protéinurie' and 'C01' entered. Below this, a justification 'OMI depuis 3 jours par rétention hydro-sodée' is provided. A red circle highlights the 'HYPOTHESES' tab and the input area. Another red circle highlights the 'Diagnostic différentiel' button. The interface also includes buttons for 'ENREGISTRER', 'ANNULER', 'EPREUVE', and 'MENU'.

Figure 52 : Onglet de génération des hypothèses

Annexe 6 : Première vignette d'entraînement à l'utilisation de RAIMED

Partie 1 :

- Vous êtes appelé au chevet de Mr G, 65 ans
- car son épouse a constaté à son réveil qu'il avait la bouche de travers.
- En buvant son petit déjeuner vous apprenez qu'il a laissé tomber son bol de café.
- Son seul antécédent médical connu est une hypertension artérielle
- bien équilibrée par indapamide 1.5mg/J
- depuis une dizaine d'années.

Partie 2:

- Vous notez une asymétrie franche du visage avec chute de la commissure labiale à gauche
- et signe des cils de Souques à gauche.
- La manœuvre de Barré met en évidence un discret déficit moteur du membre supérieur gauche.
- A l'auscultation cardiaque, vous notez un rythme rapide et irrégulier
- évalué autour de 100 bpm.
- Vous êtes frappés par l'éclat de son regard
- et constatez un fin tremblement des extrémités.

Annexe 7 : Deuxième vignette d'entraînement à l'utilisation de RAIMED

Partie 1 :

- Une femme de 69 ans, 1.53 m, 69 kg (poids de forme)
- est admise aux urgences vers 15 heures pour un malaise sans perte de connaissance,
- survenu dans une pharmacie.
- Le pharmacien mentionne sur sa lettre d'accompagnement un pouls à 62 / min
- et une tension artérielle systolique à 90 mmHg.
- A l'admission, la patiente a repris toute sa lucidité.
- Elle est hypertendue, traitée par amlodipine (Amlor®) 5 mg /j.
- Elle signale une douleur dans la jambe droite depuis quelques jours,
- douleur qui s'est majorée franchement dans la matinée
- et a motivé sa sortie pour se procurer un antalgique.

Partie 2 :

- Son état général est par ailleurs bien conservé
- sans trouble de l'appétit.
- L'examen clinique montre la présence d'un ulcère péri malléolaire de la jambe droite
- pour lequel la patiente vous dit être suivie par son médecin depuis plusieurs semaines.
- L'ulcère est accompagné d'un placard érythémateux et chaud au niveau de la cheville et du mollet droit (photo 1, figure 53).
- On note au niveau des membres inférieurs la présence de nombreuses varices
- qui existent aux dires de la patiente, depuis sa première grossesse (comme sa mère)
- quelques excoriations,
- ainsi que des œdèmes des 2 jambes, mous, prenant le godet,
- l'œdème prédomine au niveau du mollet droit.
- La patiente vous dit que ses jambes sont gonflées depuis de très nombreuses années,
- surtout le soir.
- Les orteils sont boudinés (photo 2, figure 53)



Figure 53 : Photos associées à la 2e vignette clinique d'entraînement

Partie 3 :

- A la palpation, on retrouve deux adénopathies inguinales droites sensibles.
- L'ulcère est à fond purulent et malodorant.
- Sa température à l'admission est de 38,7°C.
- La pression artérielle couchée est à 110 /70 mmHg,
- le pouls à 85 /min.
- Son rythme respiratoire est à 13/min.
- La prise de tension debout, prudente est à 100,
- et le pouls à 98 /min.

Annexe 8 : QCM évaluant les connaissances en lien avec la vignette clinique utilisée pour l'évaluation de RAIMED

- 1.** Des œdèmes des membres inférieurs qui se majorent franchement en fin de journée sont compatibles avec :
 - a. Une thrombose de la veine cave
 - b. Une insuffisance cardiaque droite
 - c. Un syndrome néphrotique
 - d. Une insuffisance veineuse
 - e. Un mécanisme inflammatoire(Réponses BCD).

- 2.** Parmi les propositions suivantes, lesquelles sont des mécanismes de l'ictère :
 - a. Déficit de glucuronoconjugaison
 - b. Insuffisance hépatique
 - c. Obstacle chronique sur la voie biliaire principale
 - d. Absence d'élimination de la bilirubine par les reins
 - e. Cytolyse hépatique(Réponses ABC).

- 3.** Un signe du godet est constaté au cours des œdèmes révélateurs des pathologies suivantes :
 - a. La cirrhose hépatique
 - b. Les lymphodèmes
 - c. La phlébite surale
 - d. L'insuffisance veineuse
 - e. L'érysipèle(Réponses AD).

- 4.** Au cours d'un ictère, une grosse vésicule oriente vers une cholestase:
 - a. Par compression du hile du foie
 - b. Par processus tumoral de la tête du pancréas
 - c. Par métastase hépatique
 - d. Par lithiase de la voie biliaire principale
 - e. Par hépatite médicamenteuse(Réponses BD)

- 5.** Le prurit associé à un ictère :
- a. Est lié à l'accumulation de bilirubine
 - b. Est révélateur d'une cholestase exclusivement extra-hépatique
 - c. Est en rapport avec une rétention de sels biliaires
 - d. Peut précéder l'apparition de l'ictère
 - e. Oriente avant tout vers une étiologie néoplasique de l'ictère
- (Réponses CD)
- 6.** Parmi les étiologies proposées ci-dessous, quelles sont celles à évoquer d'emblée devant un amaigrissement paradoxal:
- a. Un lymphome
 - b. Une hypothyroïdie
 - c. Une décompensation d'un diabète sur le mode insulino-dépendant
 - d. Une maladie coeliaque
 - e. Une oxyurose
- (Réponses CD)
- 7.** Une dyspnée aiguë franche avec auscultation normale ou discordante est compatible avec les diagnostics suivants:
- a. Une atteinte interstitielle infectieuse débutante
 - b. Une alcalose métabolique
 - c. Une hémorragie aiguë
 - d. Un pneumothorax partiel
 - e. Une embolie pulmonaire
- (Réponses ACE)
- 8.** Parmi les signes suivants, quels sont ceux directement en lien avec une insuffisance cardiaque droite?
- a. Crépitants à l'auscultation des bases pulmonaires
 - b. Reflux hépatojugulaire
 - c. œdème des membres inférieurs
 - d. Orthopnée
 - e. Hépatalgie d'effort
- (Réponses BCE)

9. Parmi les pathologies suivantes, quelles sont les trois le plus souvent révélées par une atteinte de l'état général sans autre point d'appel?

- a. Cancer du poumon
- b. Cancer de l'oesophage
- c. Lymphome
- d. Cancer du rein
- e. Cancer de la thyroïde

(Réponses CDE)

10. Les étiologies d'œdèmes rapportées à un hyperaldostérionisme secondaire sont:

- a. Les syndromes néphrotiques
- b. L'insuffisance veineuse
- c. Les compressions veineuses extrinsèques
- d. L'insuffisance lymphatique
- e. L'insuffisance cardiaque

(Réponses AE)

Annexe 9 : Paramètres du RDI calculés avec RAIMED

- **Définitions :**
 - ND est le nombre de données utilisées par l'étudiant (qu'il considère utiles)
 - NDPT est le nombre de données pertinentes préalablement identifiées pour le dossier
 - NDPU est le nombre des données pertinentes utilisées par l'étudiant
 - NDR est le nombre de données recherchées par l'étudiant
 - NDER est le nombre de données recherchées erronées
- **Inductivité : TINDUCTI**
 - NDINU est le nombre de données inutilisées relevées par l'étudiant
 - TINDUCTI est le taux d'inductivité, soit le taux de données capables d'induire une hypothèse
 - $TINDUCTI = 1 - NDINU / ND$
- **Efficience (ou concision dans la sélection des données): TEFFI**
 - TEFFI est le taux de pertinence dans la sélection des données.
 - $TEFFI = NDPU / ND$
- **Exhaustivité : TEXHAU**
 - TEXHAU est le taux d'exhaustivité
 - $TEXHAU = NDPU / NDPT$
- **Répartition des différents types de raisonnement utilisés :**
 - NBLR : nombre de lignes de raisonnement réalisées par l'étudiant
 - RINDU : nombre de raisonnements inductifs
 - RDEDU : nombre de raisonnements déductifs
 - RINTE : nombre d'interprétations
 - RCATE : nombre de catégories
 - RHYPO: nombre d'hypothèses
- **Taux rapportés au nombre de lignes de raisonnement**
 - $TDEDU = RDEDU / NBLR$
 - $TINDU = RINDU / NBLR$
 - $TINTE = RINTE / NBLR$
 - $TCATE = RCATE / NBLR$
 - $THYPO = RHYPO / NBLR$

- **Pertinence : TPERTI**
 - LIPER: le nombre de lignes de raisonnements pertinents
 - TPERTI le taux de pertinence
 - $TPERTI = LIPER / NBLR$

- **Répartition du nombre de raisonnements pertinents :**
 - RVINDU : nombre de raisonnements inductifs pertinents
 - RVDEDU : nombre de raisonnements déductifs pertinents
 - RVINTE : nombre de lignes interprétations pertinentes
 - RVCATE : nombre de lignes catégories pertinentes
 - RVHYPO: nombre d'hypothèses générées pertinentes

- **Taux de raisonnements pertinents:**
 - Taux de lignes inductives pertinentes: TVALIND
 - $TVALIND = RVINDU / RINDU$
 - Taux de lignes déductives pertinentes : TVALDED
 - $TVALDED = RVDEDU / RDEDU$
 - Taux d'interprétations pertinentes: TVALINTE
 - $TVALINTE = RVINTE / RINTE$
 - Taux de catégories pertinentes : TVALCATE
 - $TVALCATE = RVCATE / RCATE$
 - Taux d'hypothèses pertinentes:
 - $TVALHYPO = RVHYPO / RHYPO$

- **Taux de lignes de raisonnements valides (non erronés) : TVALID**
 - LIER : le nombre de lignes de raisonnement erroné
 - $TVALID = (NBLR - LIER) / NBLR$

Annexe 10 : Tests statistiques réalisés

1. Test de Student :

La formule pour calculer le test t est la suivante :

- $t = (m_1 - m_2) / (SE)$
 - m_1 et m_2 sont les moyennes des deux échantillons,
 - SE est l'erreur standard, qui est calculée en utilisant la formule suivante :
 - $SE = \sqrt{s_1^2 / n_1 + s_2^2 / n_2}$
 - Où s_1 et s_2 sont les écarts-types des deux échantillons
 - et n_1 et n_2 sont les tailles des échantillons.

2. Coefficient de corrélation de Pearson

Ce coefficient se calcule en divisant la covariance des deux variables par le produit de leurs écarts-types avec la formule mathématique est la suivante :

- $r = \text{Cov}(X, Y) / (\sigma_X * \sigma_Y)$
 - r est le coefficient de corrélation
 - X et Y sont les deux variables étudiées
 - $\text{Cov}(X, Y)$ est la covariance entre X et Y
 - σ_X et σ_Y sont les écarts-types de X et Y respectivement.

La covariance mesure la variation conjointe de deux variables autour de leur moyenne. Elle peut prendre des valeurs positives ou négatives, en fonction de la direction de la relation entre les deux variables. Plus la covariance est grande, plus les deux variables sont corrélées.

Les écarts-types mesurent la dispersion des valeurs autour de la moyenne pour chaque variable. Diviser la covariance par le produit de ces écarts-types permet de normaliser la mesure de la corrélation, afin de la rendre indépendante des unités de mesure des variables.

3. Test de corrélation de Pearson

Notre démarche pour tester la corrélation de Pearson a été la suivante :

- Formuler des hypothèses :
 - H_0 : Il n'y a pas de corrélation entre les deux variables ($r = 0$)
 - H_1 : Il y a une corrélation significative entre les deux variables ($r \neq 0$)
- Calculer le coefficient de corrélation de Pearson r , en utilisant la formule suivante:
 - $r = \text{Cov}(X, Y) / (\sigma_X * \sigma_Y)$
- Calculer la statistique de test t :
 - $t = r * \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r^2}$
 - où n est le nombre d'observations.
- Calculer la valeur critique de la statistique de test à partir de la table de la distribution de Student à $n-2$ degrés de liberté.
- Le niveau de confiance que nous avons utilisé est de 95%, ce qui correspond à un seuil de significativité α de 0,05.
- Lorsque $p < 0,05\%$ nous avons conclu à une corrélation significative entre les deux variables.

Annexe 11 : Description séquentielle du RDI d'une étudiante

Partie 1: Description générale du RDI

L'étudiante a procédé à 59 lignes de raisonnement réparties comme suit:

- 17 interprétations
- 7 regroupements catégoriels
- 17 Hypothèses
- 18 Vérifications déductives

Nombre d'hypothèses non vérifiées : 5

- cirrhose
- cancer du hile du foie
- cholangiocarcinome
- carcinome hépato-cellulaire
- anémie par hypersplénisme

L'étudiante a utilisé 44 données dont 31 issues de l'énoncé

L'étudiante a recherché 13 données non rapportées dans l'énoncé à savoir successivement:

- prend-il le godet ?
- prend-il le godet ?
- prise de poids ?
- redistribution durant la nuit ?
- prend-il le godet ?
- présence de plis radiés aux orteils ?
- signes d'IHC : leuconychies, astéraxis, haleine de pommes, angiomes stellaire
- chercher HTP associée : varices oesophagiennes, ascite, circulation collatérale
- signes d'IHC : astéraxis, haleine de pommes, angiomes stellaires, encéphalopathie
- chercher HTP associée : varices oesophagiennes, ascite, splénomégalie, circulation veineuse collatérale
- association HTP et IHC
- sueurs nocturnes
- adénopathies dures et fixées au plan profond

Toutes les données recherchées ont été intégrées dans un raisonnement.

Sur les 59 lignes de raisonnement:

- Nombre de lignes jugées comme erronées: 14 (soit 23.73 %)
- Nombre de lignes jugées comme pertinentes: 34 (soit 57.63 %)

Partie 2: Cinétique du RDI :

ETAPE 1 : I01 :Interprétation: IMC 24 normal (pertinent)

car: Patient 64 ans, 1,75 m, 75 kg (poids il y a 1 semaine)

ETAPE 2 : I02 :Interprétation: profession à risque ostéo-articulaire

car: Plombier

ETAPE 3 : I03 :Interprétation: œdème bilatéral

car: Consulte pour gonflement des jambes

ETAPE 4 : H02 :Hypothèse: &œdème par hypoprotéinémie (pertinent)

car: œdème bilatéral

ETAPE 5 : H03 :Hypothèse: œdème par hyperpermperméabilité (erroné)

car: œdème bilatéral

ETAPE 6

H04 :Hypothèse: œdème par obstacle (erroné)

car: œdème bilatéral

ETAPE 7 : H05 :Hypothèse: &œdème par lymphœdème (erroné)

car: œdème bilatéral

ETAPE 8 : H06 :Hypothèse: œdème d'insuffisance veineuse (pertinent)

car: œdème bilatéral

ETAPE 9 : I04 :Interprétation: œdème aigu (pertinent)

car: œdème bilatéral & Depuis 3-4 jours

ETAPE 10 : R01 :Dédution: œdème d'insuffisance veineuse (pertinent)

Infirmé par: œdème aigu

ETAPE 11 : R02 :Dédution: œdème par lymphœdème (pertinent)

Infirmé par: œdème aigu

ETAPE 12 : R03 : Dédution: &œdème par obstacle (pertinent)

À vérifier par: prend-il le godet ?

ETAPE 13 : R04 : Déduction: œdème par hypoprotéinémie (pertinent)

À vérifier par:

prend-il le godet ?

prise de poids ?

redistribution durant la nuit ?

associé à d'autres signes hypoprotéinémie : épanchement pleural, ascite, etc.

ETAPE 14 : I05 : Interprétation: majoration de l'œdème dans la journée (pertinent)

car: Il exprime des difficultés pour retirer ses chaussures le soir

ETAPE 15 : R05 : Déduction: œdème par obstacle (pertinent)

Infirmé par: majoration de l'œdème dans la journée

ETAPE 16 : I06 : Interprétation: œdème majeur

car: et décrit une empreinte nette des chaussettes +++

ETAPE 17 : R06 : Déduction: œdème par hyperperméabilité (erroné)

À vérifier par: prend-il le godet ? & présence de plis radiés aux orteils ?

ETAPE 18 : I07 : Interprétation: œdème majeur

car: Le gonflement est retrouvé jusqu'à mi cuisse

poids actuel contrôlé à 82 kg

ETAPE 19 : I08 : Interprétation: œdème prend le godet (pertinent)

car: et décrit une empreinte nette des chaussettes +++

ETAPE 20 : R07 : Déduction: œdème par hyperperméabilité (pertinent)

Infirmé par: œdème prend le godet

ETAPE 21 : R08 : Déduction: œdème par hypoprotéinémie

Justifié par: œdème prend le godet

ETAPE 22 : I09 : Interprétation: facteur de risque cardiovasculaire (HTA, artérite)

car: Tabac 30 pa

ETAPE 23 : I10 : Interprétation: consommation alcoolique à risque (pertinent)

car: Alcool : environ 1 litre de vin de table /24h

ETAPE 24 : H06 :Hypothèse: insuffisance hépato-cellulaire (erroné)

car: consommation alcoolique à risque et œdème par hypoprotéinémie

ETAPE 25 : R09 : Déduction: insuffisance hépato-cellulaire (pertinent)

À vérifier par:

signes d'IHC : astéraxis, haleine de pommes, angiomes stellaires, encéphalopathie

chercher HTP associée : varices oesophagiennes, ascite, splénomégalie, circulation

ETAPE 26 : I11 : Interprétation: prise de 7 kg (pertinent)

car: poids actuel contrôlé à 82 kg

ETAPE 27 : I12 : Interprétation: risque d'insuffisance respiratoire (pertinent)

car: Bronchite chronique depuis 15 ans

ETAPE 28 : I13 : Interprétation: facteur de risque cardiovasculaire (pertinent)

car: HTA traitée par perindopril depuis 3 ans

ETAPE 29 : C01 :Catégorie: dépistage de l'anévrisme de l'aorte abdominale (pertinent)

car: Patient 64 ans, 1,75m, 75 kg (poids il y a 1 semaine)

Tabac 30 pa

HTA traitée par perindopril depuis 3 ans

ETAPE 30 : I14 : Interprétation: absence de protéinurie

car: BU négative

ETAPE 31 : H07 :Hypothèse: œdème par inflation hydrique (pertinent)

car: œdème bilatéral

œdème aigu

œdème prend le godet

prise de 7 kg

ETAPE 32 : R10 : Déduction: œdème par inflation hydrique (erroné)

Infirmé par: absence de protéinurie

ETAPE 33 : H08 :Hypothèse: cirrhose (pertinent)

car: hépatomégalie à bord tranchant

pôle inférieur de rate à la palpation

ETAPE 34 : I15 : Interprétation: splénomégalie (pertinent)

car: pôle inférieur de rate à la palpation

ETAPE 35 : C02 :Catégorie: insuffisance cardiaque globale (erroné)

car: Dyspnée d'effort depuis plusieurs mois

Reflux hépato-jugulaire

ETAPE 36 : R11 : Dédution: insuffisance hépato-cellulaire

Justifiée par: hépatomégalie à bord tranchant

pôle inférieur de rate à la palpation

ETAPE 37 : C03 :Catégorie: ictère à bilirubine conjuguée (pertinent)

car: Teint jaune

Selles décolorées

ETAPE 38 : C04 :Catégorie: AEG (pertinent)

car: et a perdu l'appétit depuis 3 mois

son poids antérieur était de 80 kg

il est asthénique depuis plusieurs semaines

ETAPE 39 : H10 :Hypothèse: cancer du hile du foie (erroné)

car:AEG

ictère à bilirubine conjuguée

dilatation des voies biliaires

ETAPE 40 : H11 :Hypothèse: lymphome (erroné)

car: AEG

ictère à bilirubine conjuguée

dilatation des voies biliaires

ETAPE 41 : H12 :Hypothèse: cholangiocarcinome (erroné)

car: AEG

ictère à bilirubine conjuguée

dilatation des voies biliaires

ETAPE 42 : H09 :Hypothèse: carcinome hépatocellulaire (pertinent)

car: AEG

ictère à bilirubine conjuguée

dilatation des voies biliaires

ETAPE 43 : R12 : Dédution: lymphome (pertinent)

Justifié par:

et se gratte de plus en plus

ETAPE 44 : C05 :Catégorie: cholestase (pertinent)

car: Teint jaune

Selles décolorées

et se gratte de plus en plus

ETAPE 45 : R13 : Dédution: lymphome (pertinent)

Justifié par: pôle inférieur de rate à la palpation

ETAPE 46 : I16 : Interprétation: dilatation des voies biliaires (pertinent)

car: masse ovoïde non douloureuse hypochondre droit

ETAPE 47 : C06 :Catégorie: compression des voies biliaires extra-hépatiques (pertinent)

car: masse ovoïde non douloureuse hypochondre droit

Selles décolorées

Teint jaune

et se gratte de plus en plus

ETAPE 48 : H14 :Hypothèse: & ampoulome de vater (pertinent)

car: compression des voies biliaires extra-hépatiques

ETAPE 49 : H15 :Hypothèse: cholangiocarcinome (pertinent)

car: compression des voies biliaires extra-hépatiques

ETAPE 50: H13 :Hypothèse: cancer du pancréas (pertinent)

car: compression des voies biliaires extra-hépatiques

ETAPE 51 : H16 :Hypothèse: embolie pulmonaire (DP) (pertinent)

car: Douleur de jambe 10 jours auparavant

Majorée nettement depuis 1 semaine

ETAPE 52 : I17 : Interprétation: tachycardie

car: Rythme cardiaque 105 battements /min régulier

ETAPE 53 : R14 : Déduction: embolie pulmonaire (DP)

Justifié par: tachycardie

ETAPE 54 : R15 : Déduction: embolie pulmonaire (DP) (pertinent)

Justifié par: Quelques râles bronchiques à l'auscultation

ETAPE 55 : R16 : Déduction: œdème par inflation hydrique (erroné)

Infirmé par: Quelques râles bronchiques à l'auscultation

ETAPE 56 : C07 :Catégorie: anémie (pertinent)

car: Dyspnée d'effort depuis plusieurs mois

il est asthénique depuis plusieurs semaines

ETAPE 57 : R17 : Déduction: ampoulome de vater

Justifié par: anémie

ETAPE 58 : H17 :Hypothèse: anémie par hypersplénisme

car: il est asthénique depuis plusieurs semaines

Dyspnée d'effort depuis plusieurs mois

splénomégalie

ETAPE 59 : R18 : Déduction: cancer du pancréas (pertinent)

Justifié par: se gratte de plus en plus

Annexe 12 : Pyramide de Miller des différents niveaux de l'évaluation clinique (84)

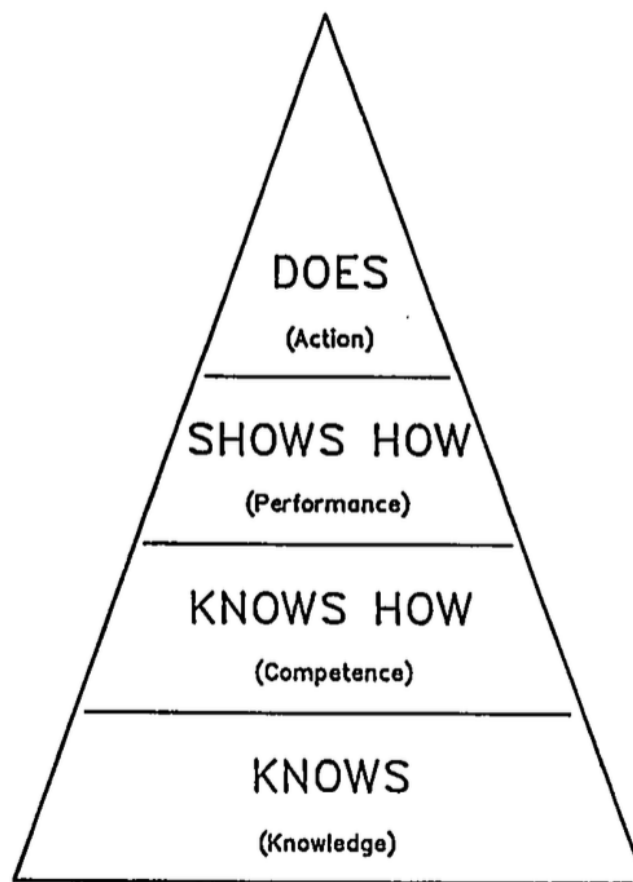


Figure 1. Framework for clinical assessment.

Figure 54 : Pyramide des niveaux de l'évaluation clinique, d'après Miller (84)

Vu, le Président du Jury,

Monsieur le Professeur Pierre POTTIER

Vu, le Directeur de Thèse,

Monsieur le Professeur Bernard PLANCHON

Vu, le Doyen de la Faculté,

ANALYSE STANDARDISÉE DES PROCESSUS DU RAISONNEMENT DIAGNOSTIQUE INITIAL.
Application à une cohorte de 64 étudiants de l'université de Nantes en 3e année d'études de médecine.

RÉSUMÉ

INTRODUCTION: L'analyse du raisonnement se développe depuis l'Antiquité. Différentes formes de raisonnement diagnostique initial (RDI) sont décrites: inductif ou déductif, analytique ou non... Néanmoins, aucun gold standard n'est établi pour l'analyse du RDI. L'objectif était de valider un outil d'analyse standardisée des processus du RDI lors de la résolution d'une vignette clinique par des étudiants, permettant de décrire les séquences de leur démarche diagnostique et de quantifier leurs différentes formes de raisonnement.

MÉTHODES: Une application nommée RAIMED, conçue pour recueillir et analyser les processus du RDI, a été évaluée sur un groupe de 64 étudiants en 3e année d'études de médecine confrontés à la résolution d'un cas clinique écrit. L'application permettait de décrire les séquences de leur raisonnement et d'en faciliter la lecture grâce à une représentation graphique appelée "engramme". Le calcul de paramètres quantitatifs du RDI avait pour objectif d'identifier, pour la vignette choisie, un profil de raisonnement représenté sous forme de radar. Les critères pour valider la signification de ces paramètres étaient les scores de justesse diagnostique, de connaissances théoriques et d'approche d'apprentissage (Biggs).

RÉSULTATS : Les engrammes ont permis de bien identifier les processus erronés ainsi que l'absence de raisonnement structuré, notamment pour le groupe d'étudiants n'ayant trouvé aucun diagnostic (n=18). La comparaison des radars représentant les différents paramètres calculés de ce dernier groupe et du groupe ayant trouvé tous les diagnostics (n=11) a permis la mise en évidence de différences pertinentes au plan pédagogique pour les paramètres suivants: les nombres de raisonnements pertinents, d'hypothèses pertinentes et de vérifications. Les tests de Student réalisés entre ces deux groupes ont révélé des différences statistiquement significatives pour ces paramètres. Les tests de corrélation de Pearson effectués sur l'intégralité de l'effectif (n=64) ont confirmé ces résultats. De plus, le score de connaissances théoriques portant sur des sujets abordés dans la vignette proposée était corrélé à la justesse diagnostique et au rang de classement universitaire, ces derniers étant eux-mêmes corrélés entre eux.

DISCUSSION: Cette première évaluation de la méthode proposée présente un intérêt avant tout analytique, spécifique de la vignette choisie et de ce fait mériterait d'être poursuivie à partir d'autres situations cliniques. Les possibilités de rendus synthétiques et graphiques facilitant la comparaison de groupes ouvrent des perspectives d'accompagnement pédagogique. Ainsi RAIMED pourrait constituer un moyen d'aide à l'évaluation formative des étudiants et assister les enseignants dans le choix de leur support de cours. Le critère de justesse diagnostique étant corrélé à la réussite au QCM de connaissances et au classement académique, la validité du choix des groupes comparés s'en trouve renforcée. L'utilisation de l'interface informatique lors de la résolution du problème diagnostique écrit a révélé certaines contraintes, qui pourraient être levées en ayant recours à des consultations simulées standardisées filmées et secondairement intégrées à l'application.

MOTS-CLÉS

Raisonnement clinique. Simulation numérique. Pédagogie médicale.