



UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2021

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Améliorer la communication des résultats de la scintigraphie rénale
au DTPA au patient et au médecin traitant : informations
nécessaires, représentation graphique et transmission
dématérialisée.**

Présentée et soutenue publiquement le 22/09/2021 à 14 heures
au Pôle Formation
par **Emmanuel BAUDELET**

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Remi BESSON

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Grégoire FICHEUR

Monsieur le Professeur Christophe BERKHOUT

Directeur de thèse :

Monsieur le Professeur Emmanuel CHAZARD

Monsieur le Docteur Arthur LAURIOT DIT PREVOST

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Sigles

ADH	<i>Anti Diuretic Hormon</i>
ANH	<i>Antenatal Hydronephrose</i>
BU	Bandelette Uninaire
DFG	Débit de filtration glomérulaire
DMSA	<i>Dimercapto Succinyl Acid</i>
DTPA	acide diéthylène triamine penta acétique
EANM	<i>European Association of Nuclear Medicine</i>
ECA	Enzyme de Conversion à l'Angiotensine
ECBU	Examen Cytobacteriologique des Urines
E-CRF	<i>Electronic Case Report Form</i>
EPO	Erythropoïétine
GFR	<i>Glomerular Function Rate</i>
GP	<i>General Practitioner</i>
HAS	Haute Autorité de Santé
HN	Hydronephrose
JASON	<i>Java script object notation</i>
JPU	Syndrome de jonction pyélo-urétéral
MAG3	Mercapto Acetyl Triglyceride
MBq	MégaBecquerel
Mci	Millicurie
NORA	<i>normalized residual activity</i>
OE	<i>Output Efficiency</i>
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PNA	PyéloNéphrite Aiguë

PUV	<i>Posterior Ureteral Valve</i>
QR code	<i>Quick Response code</i>
RCP	Résumés des Caractéristiques du Produit
RVU	Reflux vésico-urétéral
SRAA	Système Renine Angiotensine
SVG	<i>Scalable Vectors Graphics</i>
Tc-99m	Technétium 99m
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UPJ	<i>Uretero Pelvic Junction</i>
VUP	valves de l'urètre postérieurs
VUR	<i>Vesico Ureteral Reflux</i>
WHO	<i>World Health Organization (voir OMS)</i>
YAML	<i>YAML ain't markup language</i>
MCU	<i>micturating cystogram</i>

Sommaire

Avertissement	2
Remerciements	Erreur ! Signet non défini.
Sigles	3
Sommaire.....	5
Préambule.....	8
Introduction	9
1 ANATOMIE	Erreur ! Signet non défini.
1.1 Morphologie	9
1.2 Situation	9
1.3 Vascularisation.....	9
1.4 Innervation	10
1.5 Architecture interne du rein	11
1.6 Unité fonctionnelle du rein : le Néphron.....	12
2 Physiologie rénale.....	13
2.1 Maintien de la composition du milieu intérieur	13
2.1.1 Les échanges passif : La diffusion	13
2.1.2 La filtration glomérulaire.....	13
2.2 L'élimination des déchets produits par la dégradation du métabolisme cellulaire	14
2.3 Régulation de la pression artérielle	14
2.3.1 La régulation du volume plasmatique.....	14
2.3.2 Le système rénine angiotensine	14
2.4 Fonction endocrine.....	14
2.4.1 La synthèse de la vitamine D	15
2.4.2 La synthèse de l'érythropoïétine (EPO)	15
3 Dilatation des voies urinaire	15
3.1 Dilatation anténatale des voies urinaires	15
3.2 Hydronéphrose.....	16
3.3 Confirmation diagnostique en postnatale.....	16
3.3.1 Examens de première ligne	16
3.3.2 Examens de deuxième ligne	17
3.4 Le syndrome de jonction pyélo-uéréterale (JPU).....	18
3.5 Diagnostics différentiels :.....	19

3.5.1	Le reflux vésico-urétéral (RVU)	19
3.5.2	Valves de l'urètre postérieur	21
3.5.3	Megauretère	23
4	La scintigraphie au DTPA.....	23
4.1	Les Différentes scintigraphies	23
4.1.1	La scintigraphie rénale statique au DMSA	24
4.1.2	Les scintigraphies rénales dynamiques	24
4.2	La scintigraphie au DTPA.....	25
4.2.1	Réalisation de l'examen : [70]	25
4.2.2	Acquisition des images scintigraphiques [70]:.....	26
4.2.3	Le traitement des images :.....	27
4.2.4	La quantification.....	27
4.2.5	Interprétations des images	28
5	Information patient	28
5.1	Définition de l'information médicale	28
5.2	Cadre de l'information	28
5.2.1	La relation médecin malade	28
5.2.2	Relation entre professionnel de santé	29
5.3	Qualité de l'information.....	30
5.3.1	Dans la relation médecin malade	30
5.3.2	Dans la relation entre professionnels de santé	30
5.4	Information médicale dans le compte-rendu	31
5.4.1	Dans la relation médecin malade	31
5.4.2	Dans la relation entre professionnels de santé	31
5.4.3	Qualité de l'information médicale	31
6	Objectif.....	31
Article en Anglais		33
1	Introduction	33
1.1	Ureteropelvic junction syndrome	33
1.2	Medical information	33
1.3	Objective of the study	33
2	Material & methods	34
2.1	Bibliographic review on guidelines.....	34
2.2	Bibliographic review on papers reporting imaging results	34
2.3	Definition of relevant fields	35

2.4	Proposal of a data model and a structured form	35
2.5	Proposal of 2D visualization method	36
2.6	Proposal of a physical interoperability standard.....	36
3	Results	36
3.1	Field definition	36
3.1.1	Bibliographic review on guidelines	36
3.1.2	Bibliographic review on papers reporting imaging results.....	37
3.1.3	Definition of relevant fields	40
3.2	Data model.....	42
3.3	Textual report.....	45
3.4	2D visualization	46
3.5	QR Code	50
4	Discussion.....	51
4.1	Comparison with other articles	51
4.2	Limits.....	51
4.3	Perspectives.....	52
	Discussion en Français	54
1	Comparaison à la littérature	54
2	Forces et limites de l'étude.....	54
3	Perspectives	55
	Liste des tables	57
	Liste des figures	58
	Références.....	59
	Annexe 1	67
	Annexe 2.....	68
	Annexe 3.....	72

Préambule

Le travail scientifique présenté dans cette thèse de médecine fait l'objet d'une publication d'article international en anglais. Il suit le plan suivant :

- Une introduction longue en français, qui poursuit deux objectifs : présenter le contexte médical avec une orientation principalement pédagogique, et présenter le contexte scientifique et l'objectif, comme le fait également l'introduction de l'article en anglais
- L'article en anglais, tel qu'il sera soumis à une revue scientifique internationale. Cet article suit le plan classique, dans le format imposé par le journal (introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion)
- Une discussion en français, qui reprend pour l'essentiel la discussion en anglais de l'article

Le document est structuré ainsi en application de la circulaire Toubon¹.

Les références présentées en fin de document, ainsi que les listes de figures et tables, résultent de la fusion des parties en anglais et en français. La numérotation est donc incrémentée dans l'ensemble du document, que les parties soient anglophones ou francophones.

¹ Circulaire du 19 mars 1996 concernant l'application de la loi no 94-665 du 4 août 1994 relative à l'emploi de la langue française. JORF n°68 du 20 mars 1996 page 4258. NOR: PRMX9601403C

Introduction

Ce travail de thèse porte sur la structuration de l'information médicale dans le compte-rendu de la scintigraphie rénale au DTPA réalisé pour le syndrome de jonction pyélo-urétérale chez l'enfant. Nous présenterons tout d'abord l'anatomie et la physiologie du rein, puis les dilatations des voies urinaires et le syndrome de jonction pyélo-urétérale, puis la scintigraphie rénale au DTPA. Nous définirons l'information médicale, notamment dans le cadre du compte-rendu de la scintigraphie rénale au DTPA. Nous présenterons enfin les objectifs de ce travail.

1 Anatomie rénale

Le rein est un organe pair retrouvé chez de nombreux mammifères. Il a des fonctions hormonales de régulation de la pression artérielle sanguine et d'élimination des toxines. Il assure par filtration et excrétion d'urine l'homéostasie hydroélectrolytique de l'organisme. Ses fonctions hormonales englobent la synthèse de l'EPO (érythropoïétine), du calcitriol et de la rénine.

1.1 Morphologie

Chez l'Homme les reins sont des organes ovoïdes, en forme de haricot. Le versant externe est convexe, alors que le versant interne est concave pour accueillir le hile qui se projette au niveau de la première vertèbre lombaire[1].

Le hile constitue la zone de convergence du paquet vasculo-nerveux et des voies excrétrices urinaires.

Le rein mesure en moyenne 12cm de hauteur, pour 6cm de largeur et 3cm d'épaisseur, avec un poids d'environ 150g. Ces mensurations sont extrêmement variables d'un individu à l'autre[1].

1.2 Situation

Les reins sont situés dans l'espace rétropéritonéal, ils se projettent par leur face postérieure dans la région lombaire, qui constitue la voie d'abord chirurgicale de choix pour le rein[2].

Le rein droit se projette entre la douzième vertèbre thoracique et l'espace entre la troisième et la quatrième vertèbre lombaire. Le rein gauche se projette entre la onzième vertèbre thoracique et la troisième vertèbre lombaire[2].

Un seul rein peut être suffisant pour vivre, 5% des personnes vivent avec un rein unique, dans la majorité des cas il s'agit du rein droit, mieux vascularisé [3].

1.3 Vascularisation

La vascularisation est assurée par les artères et les veines rénales, qui arrivent au niveau du rein par sa face concave au niveau du hile.

Les artères rénales droite et gauche naissent de l'aorte abdominale au niveau de la vertèbre L1. L'artère rénale gauche est plus courte que la droite. Chacune des artères donne deux branches terminales, une antérieure et une postérieure[2].

Les veines rénales croisent en avant les artères rénales et se jettent dans la veine cave inférieure au niveau de la vertèbre L2. La veine rénale gauche est plus longue et de gros calibre[2].

Le parenchyme rénal est délimité par une capsule dure, résistante qui le protège. En périphérie du rein on retrouve le cortex, la partie centrale est la médulla. La médulla est discontinue, elle est interrompue par des prolongements du cortex qui vont jusqu'au sinus rénal[2] ([Figure 1](#)).

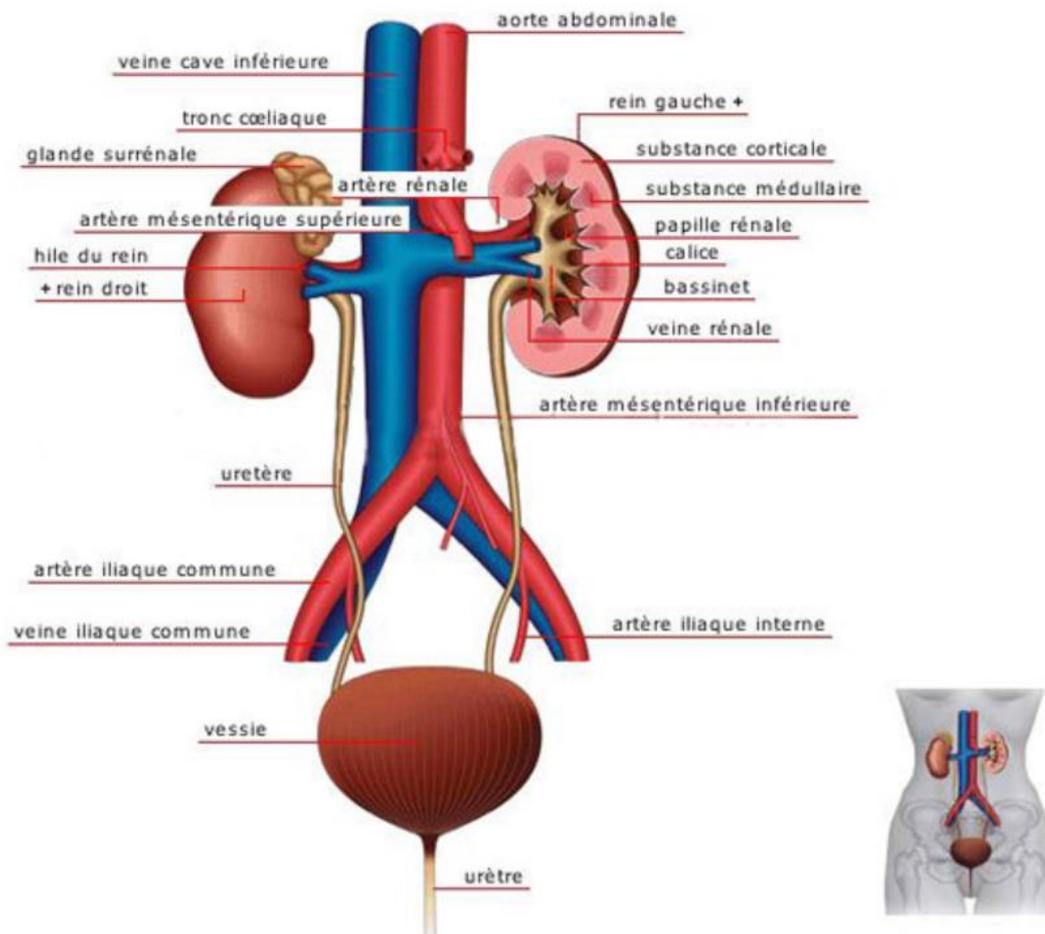


Figure 1: Anatomie rénale d'après [4]

1.4 Innervation

L'innervation rénale est assurée à la fois par le système sympathique et parasympathique. Le plexus rénal accompagne et entoure l'artère rénale.

L'innervation parasympathique est assurée par le nerf vague (X). Les fibres sympathiques prennent naissance au niveau de la moelle spinale entre T10 et L1. Les fibres pré-synaptiques se réunissent pour donner naissance au nerfs splanchniques, qui font synapse dans le ganglion aortico-rénal. Du ganglion aortico-rénal partent les fibres post-synaptiques qui innervent le rein.

Accessoirement les ganglions mésentériques supérieur et rénal ainsi que le premier nerf splanchnique lombaire peuvent être impliqués dans l'innervation du rein.

1.5 Architecture interne du rein

- **Zone corticale** : Elle comporte les glomérules, les tubes contournés proximaux et distaux et les tubes collecteurs. Les colonnes de Bertin, dans les espaces entre les pyramides de Malpighi ([Figure 2](#)).
- **Zone médullaire** : Les pyramides rénales (de Malpighi) à base sous-corticale avec une pointe tournée vers l'intérieur, forment les papilles sur lesquelles viennent s'accoler les petits calices. Elles englobent les tubes droits proximaux et distaux, l'anse de Henle et les canaux de Bellini. Le lobe du rein est formé par une pyramide et ses colonnes. Les néphrons se déversent dans le même canal collecteur et forment un lobule du rein ([Figure 2](#)).
- **Calices** : Les petits calices recueillent l'urine émise par les pyramides de Malpighi. L'union des petits calices forme les grands calices, et on retrouve trois à quatre grands calices par reins. Les calices sont des tubes abouchés à la pointe de la pyramide rénale, et qui en se rejoignant forment le bassinot ([Figure 2](#)).
- **Pelvis rénal (ou bassinot)** : En forme d'entonnoir qui se jette dans l'uretère (également appelé pyélon). C'est l'endroit où va passer l'urine à la sortie du néphron via le tube collecteur. Les bassinets tout comme les calices possèdent une couche musculaire lisse qui se contracte et propulse l'urine par péristaltisme[2]([Figure 2](#)).

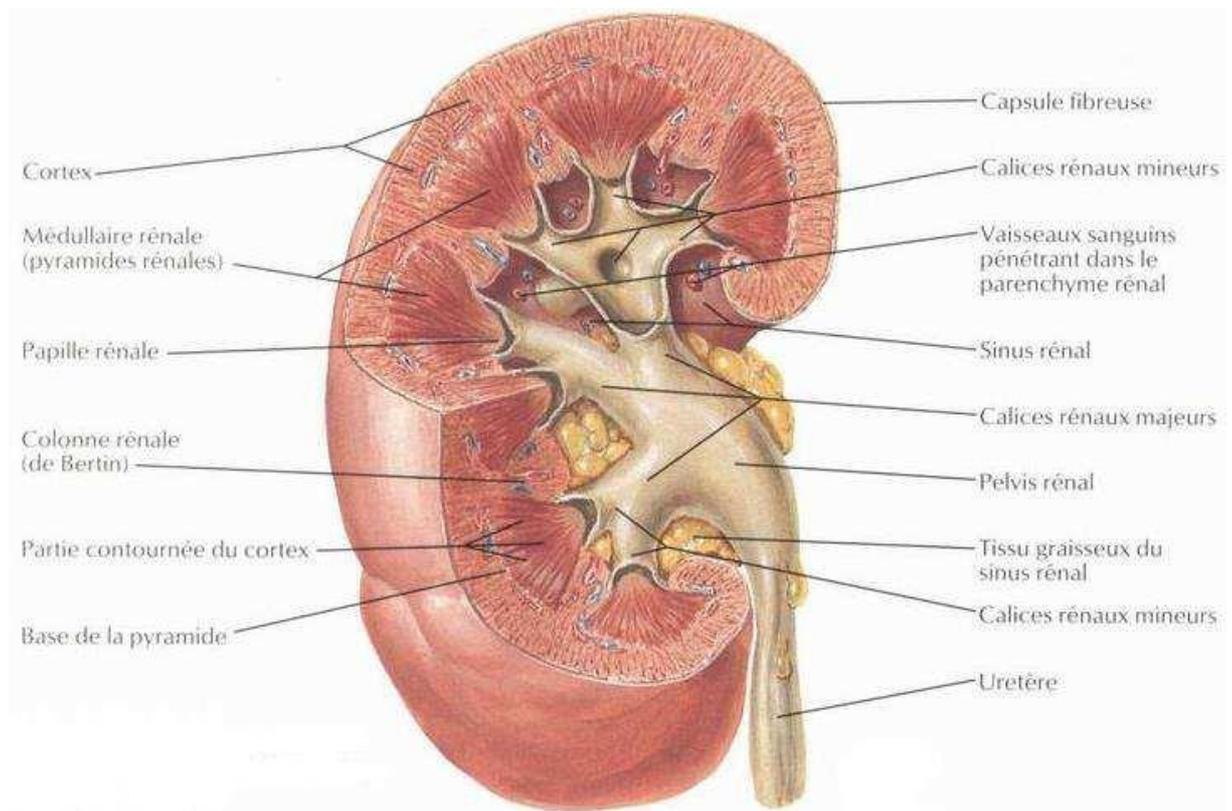


Figure 2: Architecture interne du rein d'après [2]

1.6 Unité fonctionnelle du rein : le Néphron

Le néphron est l'unité structurale et fonctionnelle de base du rein.

C'est un tubule mince consistant en un amas de capillaires appelés glomérules, entourés d'un bulbe creux, la capsule glomérulaire. Celle-ci amène à un long tubule entortillé en deux sections : le tubule contourné proximal, l'anse du néphron, le tubule contourné distal d'un côté, et le tubule rénal collecteur de l'autre.

Les tubules collecteurs se déversent dans les calices via les papilles, les calices se jettent dans le pelvis rénal (appelé également pyélon ou bassin), qui est connecté à l'uretère.

Chaque rein humain compte environ un million de néphrons. Le nombre de néphrons, fixé à la naissance, est d'une grande variabilité. Il dépend de multiples facteurs dont l'âge gestationnel, un éventuel retard de croissance intra-utérin, ou encore l'état nutritionnel maternel[1,2]([Figure 3](#)).

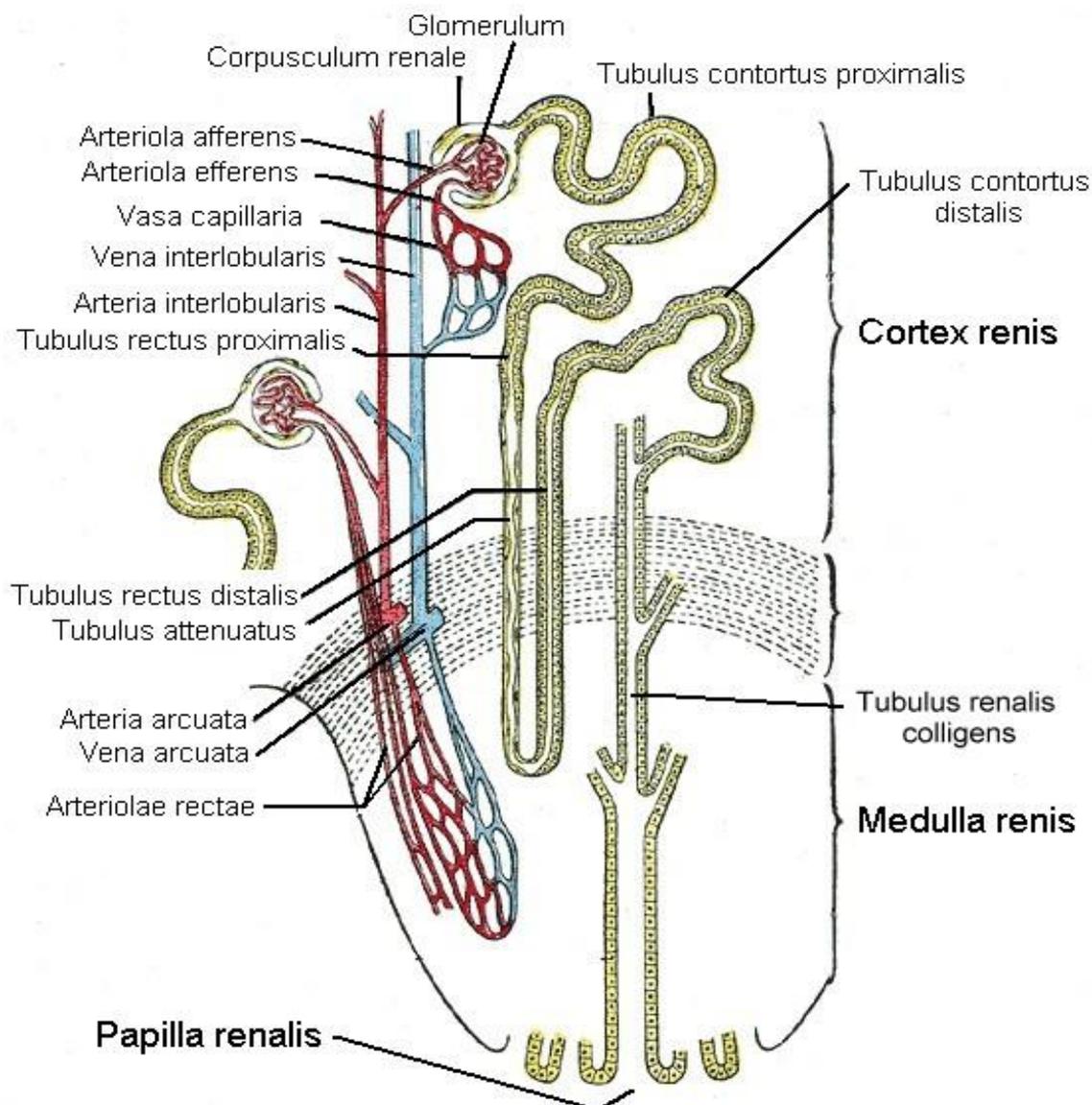


Figure 3: Le néphron, unité fonctionnelle du rein [1]

2 Physiologie rénale

Le rein a de nombreuses fonctions, parmi ses fonctions principales on retrouve la régulation de l'eau et des électrolytes, l'élimination des déchets du métabolisme, la néoglucogénèse et des fonctions endocrines (sécrétion de rénine, vitamine D et érythropoïétine).

2.1 Maintien de la composition du milieu intérieur

Le milieu extracellulaire a une composante maintenue constante, les échanges au niveau rénal permettent le maintien des volumes et de composition constante face à l'apport d'eau et d'électrolytes.

L'équilibre est maintenu par des échanges transmembranaires actifs ou passifs (diffusion).

2.1.1 Les échanges passifs : La diffusion

La diffusion est un moyen d'échange transmembranaire qui dépend du gradient de pression, du gradient de concentration, du gradient électrique et du coefficient de perméabilité, tout ceci permettant l'équilibre de GIBBS-DONNAN « la diffusion d'ions diffusibles est perturbée par la présence d'ions non diffusibles ». [5]

Plusieurs conditions sont nécessaires au respect de cet équilibre, les membranes doivent être semi-perméables et il faut la présence d'un ou de plusieurs ions non-diffusibles de chaque côté de la membrane.

Pour que l'équilibre soit respecté chaque compartiment doit être électriquement neutre et on doit retrouver une égalité de concentration des ions diffusibles.

2.1.2 La filtration glomérulaire

Le débit de filtration glomérulaire (DFG), correspond au volume filtré par unité de temps. Par convention on utilise la clairance de la créatinine qui permet d'estimer la fonction rénale, la créatinine correspondant à l'élimination des déchets du catabolisme musculaire.

On utilise la formule de Cockcroft & Gault pour estimer le DFG à partir du dosage sanguin de la créatinine.

$$Cl_{Cr} = \frac{140 - \hat{\text{âge}}}{[Cr]} \times \text{poids} \times k$$

- Cl_{Cr} : estimation de la clairance de la créatinine en mL/min ;
- $[Cr]$: créatininémie en $\mu\text{mol/L}$;
- Âge : âge en années ;
- Poids : masse corporelle en kg ;
- k : coefficient qui vaut 1,23 chez l'homme et 1,04 chez la femme.

Figure 4: Formule de Cockcroft & Gault [6]

2.2 L'élimination des déchets produits par la dégradation du métabolisme cellulaire

L'élimination des déchets issus de la dégradation du métabolisme cellulaire est une des fonctions des reins. L'urée est issue du catabolisme des protéines, l'acide urique du catabolisme des purines pouvant causer des pathologies comme la goutte en cas de trouble de la régulation [7].

La créatinine est le produit de dégradation de la créatine musculaire, elle est éliminée dans les urines après filtration au niveau rénal, son taux est le reflet de la fonction rénale, en cas de diminution de la capacité rénale à éliminer les déchets son taux augmente [8].

La bilirubine est le produit de dégradation de l'hémoglobine et son élimination est rénale, en cas de trouble de l'élimination rénale de la bilirubine un ictère peut apparaître, témoignant d'une hyperbilirubinémie [9].

2.3 Régulation de la pression artérielle

La pression artérielle est contrôlée au niveau rénal grâce à la régulation du volume plasmatique et la synthèse de rénine, via la sécrétion d'ADH et l'utilisation du système rénine angiotensine aldostérone (SRAA).

2.3.1 La régulation du volume plasmatique

Des barorécepteurs sont situés au niveau des cavités cardiaque, des sinus carotidiens et de la crosse de l'aorte, en cas d'augmentation de la pression artérielle la sécrétion d'hormone antidiurétique (ADH) est diminuée par stimulation du nerf vague, augmentant la diurèse et diminuant la pression artérielle.

2.3.2 Le système rénine angiotensine

La rénine est une enzyme protéolytique synthétisée et stockée au niveau de l'appareil juxtaglomérulaire.

La rénine est sécrétée lorsque le contenu en sodium diminue, entraînant une diminution du volume circulant et de la pression artérielle détectée au niveau des sinus carotidien. Cette diminution entraîne une stimulation de l'activité sympathique par l'intermédiaire des catécholamines circulantes stimulant la sécrétion de rénine. Les artérioles afférentes permettent également la détection d'une diminution de la pression artérielle entraînant une sécrétion de rénine [10].

La sécrétion de la rénine est une étape limitante, en effet elle permet la transformation de l'angiotensinogène en angiotensine 1 (peu vasoconstrictrice), qui sera transformée en angiotensine 2 (très vasoconstrictrice) par l'enzyme de conversion (ECA) [10].

Les inhibiteurs de l'enzyme de conversion sont des antihypertenseurs, utilisés notamment dans le traitement de l'hypertension artérielle, et dans les épreuves au captopril en cas de suspicion d'hypertension réno-vasculaire [10]

2.4 Fonction endocrine

Le rein a des fonctions endocrines notamment la sécrétion de vitamine D et d'EPO.

2.4.1 La synthèse de la vitamine D

La vitamine D circulante a une origine double, à la fois exogène alimentaire (10 à 20% de la forme circulante) et endogène par synthèse cutanée (majorité de la forme circulante).

Avec l'exposition au soleil le 7-déhydrocholestérol est transformé par les rayons UVB en prévitamine D3 (cholécalférol) [11].

Une première hydroxylation a lieu au niveau hépatique (25-hydroxy-vitamine D3), puis une seconde au niveau rénal grâce à une enzyme la 1-alpha-hydroxylase permettant la transformation en 1,25-hydroxy-vitamine D3 [12].

2.4.2 La synthèse de l'érythropoïétine (EPO)

L'EPO est une hormone oxygénodépendante sécrétée au niveau du cortex rénal [13], toute diminution du taux d'oxygène au niveau des artères rénales entraîne une sécrétion d'EPO.

C'est un facteur de croissance hématopoïétique qui entraîne la synthèse des globules rouges au niveau de la moelle osseuse régulant ainsi le stock de globules rouges et l'hémoglobine sanguine [13].

3 Dilatation des voies urinaires

Des dilatations des voies urinaires peuvent être observées dans plusieurs pathologies. Nous nous intéresserons ici en particulier aux dilatations détectées chez les fœtus durant les échographies réalisées pendant la grossesse, et aux dilatations détectées chez le nourrisson ou l'enfant, mais dont l'étiologie est congénitale. Nous présenterons les pathologies les plus fréquemment impliquées, à savoir le syndrome de jonction pyélo-urétérale. Nous présenterons rapidement les examens complémentaires, et la section suivante détaillera la scintigraphie au DTPA, qui est l'objet de notre étude.

3.1 Dilatation anténatale des voies urinaires

La dilatation des voies urinaires est l'anomalie fœtale la plus fréquente en anténatal (1 à 4% des grossesses). Les critères diagnostiques échographiques sont précis : nature des structures anatomiques dilatées, ampleur de la dilatation, aspect échographique des reins, quantité de liquide amniotique. Des valeurs seuils ont été définies pour tenter de préciser le pronostic de la dilatation. La plupart des auteurs s'accordent à dire que la limite supérieure de la norme est de 4 mm avant et 7 mm après 33 semaines d'aménorrhée[14,15]. L'échographie permet aussi de préciser s'il s'agit d'une anomalie isolée ou non, ce qui est important dans la prise en charge et le pronostic de la grossesse.

L'évaluation postnatale repose a priori sur une confirmation échographique. La prise en charge sera ensuite fonction du diagnostic suggéré.

Dans les cas où l'une des échographies postnatales est évocatrice de reflux vésico-urétéral, une cystographie sera réalisée. Dans les cas d'uropathies obstructives ou malformatives complexes (duplications), une IRM sera réalisée vers l'âge de six mois afin de préciser exactement l'anatomie de l'arbre urinaire. La scintigraphie réalisée dans la plupart des cas permet d'évaluer la fonction rénale différentielle [16].

Le suivi échographique est important pour apprécier la croissance rénale, l'évolution de la dilatation et l'aspect du parenchyme. Le suivi fonctionnel se fera plutôt par scintigraphie. Cette prise en charge attentive est préconisée en vue de prévenir les complications et la détérioration progressive de la fonction rénale.

Les anomalies de l'arbre urinaire peuvent être découvertes à tout moment de la grossesse. Si le diagnostic est précoce, le suivi échographique permettra d'apprécier les éventuelles majorations, régressions, voire résolutions des anomalies (résolution spontanée dans 48 % des cas)[16].

3.2 Hydronéphrose

L'hydronéphrose correspond à une dilatation pyélique et calicelle anormale. Dans la grande majorité des cas, les conséquences de l'hydronéphrose sur le fœtus et le développement rénal restent compatibles avec la poursuite de la grossesse.

Après la naissance, l'hydronéphrose peut être due à plusieurs causes : soit à une obstruction de la jonction pyélo-urétérale, soit une obstruction de la jonction urétéro vésicale, soit une obstruction sous vésicale, et peut dans certains cas être un signe indirect de reflux vésico urétéral. Dans certains cas, on peut observer une hydronéphrose sans obstruction ni reflux démontrable.

La prise en charge néonatale consiste à évaluer la situation urologique, et le retentissement sur le développement rénal.

Tous les enfants ayant bénéficié d'un diagnostic anténatal d'hydronéphrose ne doivent pas obligatoirement effectuer une cystographie. Sont concernés les enfants avec des dilatations modérées à sévères (>12mm) et une dilatation calicelle. Pour un enfant âgé de plus de 6 semaines il est envisageable de réaliser une scintigraphie rénale à la recherche d'un syndrome de jonction pyélo-urétérale [17].

3.3 Confirmation diagnostique en postnatal

En cas de dilatation des voies urinaires en anténatal, il convient d'effectuer une échographie de contrôle à une semaine puis à un mois de vie afin de contrôler l'évolution de cette dilatation. En cas non-régression d'une dilatation une cystographie est réalisée à la recherche d'un reflux vésico urétéral (RVU) ou de valves de l'urètre postérieur (VUP).

3.3.1 Examens de première ligne

Le premier examen réalisé en post natal est l'échographie des voies urinaires à une semaine puis à un mois de vie permettant de suivre l'évolution de la dilatation [16]

- **L'échographie** : examen de première intention à réaliser après la naissance. Il permettra de confirmer ou de préciser le diagnostic et ainsi d'orienter la stratégie diagnostique. L'échographie peut tout de même s'avérer normale dans 3 % des uropathies [18] [Figure 5](#).

Devant la présence d'anomalie aux échographies de contrôles une cystographie est réalisée à la recherche d'un RVU ou de VUP.

- **La cystographie** : *gold standard* dans l'imagerie du reflux. C'est un examen invasif qui nécessite une cathétérisation de la vessie, l'instillation de produit de contraste et l'usage de radiations ionisantes. C'est par ailleurs un examen

potentiellement vecteur d'infection : c'est pour cette raison que l'on tente d'en limiter les indications à des cas très ciblés[19].

3.3.2 Examens de deuxième ligne

Des explorations complémentaires sont parfois nécessaires, à discuter au cas par cas, notamment en cas de suspicion de syndrome de jonction pyélo-urétérale.

- **L'uro-IRM** : est indiquée dans les dilatations majeures et les altérations de fonction rénale. L'IRM permet d'apprécier la perfusion rénale, la fonction rénale séparée et l'excrétion rénale. L'uro-IRM donne des informations complémentaires, en cas de syndrome de jonction pyélo-urétérale quant à la nature de l'obstruction (extrinsèque ou intrinsèque) [16].
Les informations anatomiques sont essentielles en cas d'indication chirurgicale.
- **La scintigraphie** : La scintigraphie au **DMSA** (*Dimercapto Succinyl Acid*) permet une bonne visualisation du cortex rénal ; toute amputation segmentaire est évocatrice d'une séquelle ou d'une pyélonéphrite aiguë[20].
C'est un examen à réaliser à distance du dernier épisode infectieux (au moins six mois après).
- **La scintigraphie au MAG 3** (*Mercepto Acetyl Triglyceride*) et **la sincigraphie au DTPA** (*diethylenetriaminopentaacetic acid*) permettent l'étude dynamique de la fonction rénale différentielle[21].
Il s'agit d'un examen de médecine nucléaire réalisé en cas de suspicion de syndrome de jonction pyélo-urétérale, permettant d'évaluer le fonctionnement de chaque rein et le retentissement d'une éventuelle obstruction.

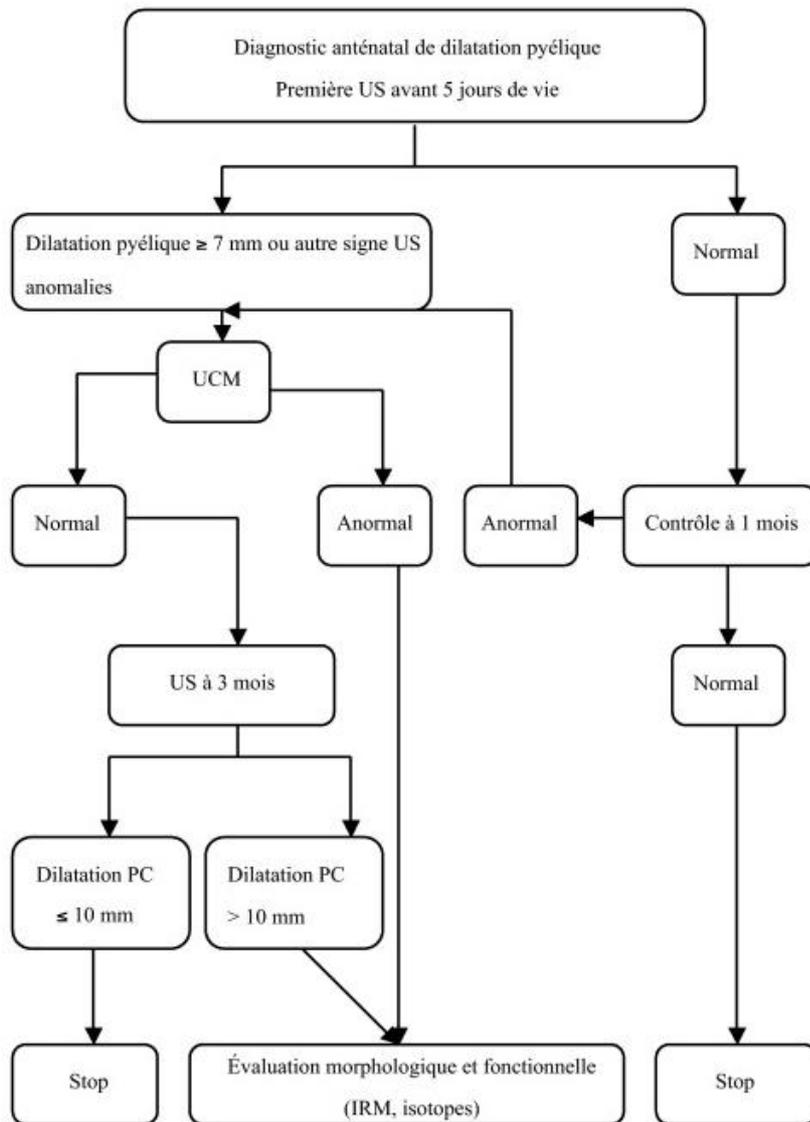


Figure 5: Algorithme de l'attitude postnatale en imagerie de nouveaux nés avec des pyélectasies[16]

3.4 Le syndrome de jonction pyélo-urétérale (JPU)

Les JPU représentent 15 à 45 % des cas de dilatation anténatale et une sur 2000 naissances vivantes [17,22], avec un ratio de 2/3 garçons pour 1 fille [23], le syndrome de jonction pyélo-urétérale touche plus fréquemment le rein gauche [23], une forme bilatérale est retrouvée dans 20 à 39% des patients affectés [23].

Le syndrome de jonction pyélo-urétérale se caractérise par une obstruction à l'écoulement des urines entre le bassin et l'uretère. L'obstruction peut être intrinsèque (un segment urétéral adynamique, une valve) ou extrinsèque (compressions vasculaires) [16] (Figure 6).

Dans le cas d'un syndrome de jonction pyélo-urétérale les échographies réalisées à une semaine et à un mois de vie orienteront vers une dilatation modérée (10-15mm) ou sévère (>15mm) du bassin et un uretère non visible. La cystographie ne mettra pas en évidence de reflux (Figure 5).

Une scintigraphie rénale est réalisée à un mois de vie afin d'évaluer la fonction rénale différentielle et la composante obstructive par l'analyse des phases vasculaires et des courbes de drainage. La réalisation d'une IRM peut également apporter des informations anatomiques quant à l'étiologie de l'obstruction (compression extrinsèque) ou l'état du parenchyme rénal [16].

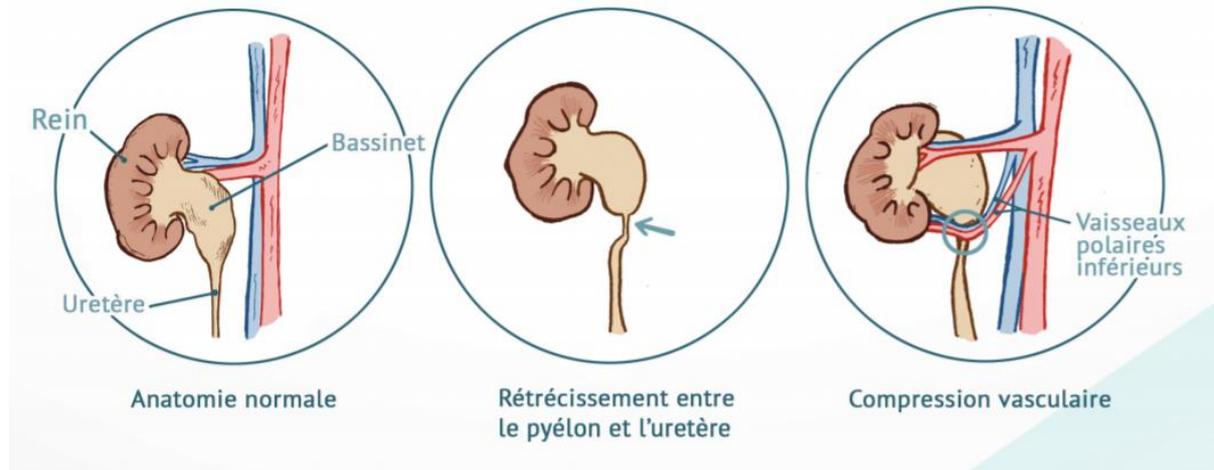


Figure 6: Syndrome de jonction pyélo-urétérale[24]

Chez les enfants ayant un diagnostic de dilatation des voies urinaires en anténatal, un suivi par échographies rénales répétées sera réalisé durant les deux premières années de vie, afin d'évaluer la dilatation et la croissance du rein. Un contrôle par scintigraphie est nécessaire en cas de majoration de la dilatation [25].

Le DTPA est le traceur le plus utilisé à travers le monde, en raison de son faible coût. Il se pose la question de son utilisation chez l'enfant de moins de 6 mois du fait du faible taux d'extraction glomérulaire avant cet âge, dans ce cas une scintigraphie au MAG 3 est envisageable [25].

Dans le cas d'une majoration de la dilatation, ou d'aggravation des symptômes une prise en charge chirurgicale peut être discutée. Les indications chirurgicales peuvent varier d'un centre à l'autre, mais dans la majorité des cas une attitude expectative est préconisée, dans un premier temps, la chirurgie n'étant pas dénuée de risque [17].

3.5 Diagnostics différentiels :

3.5.1 Le reflux vésico-urétéral (RVU)

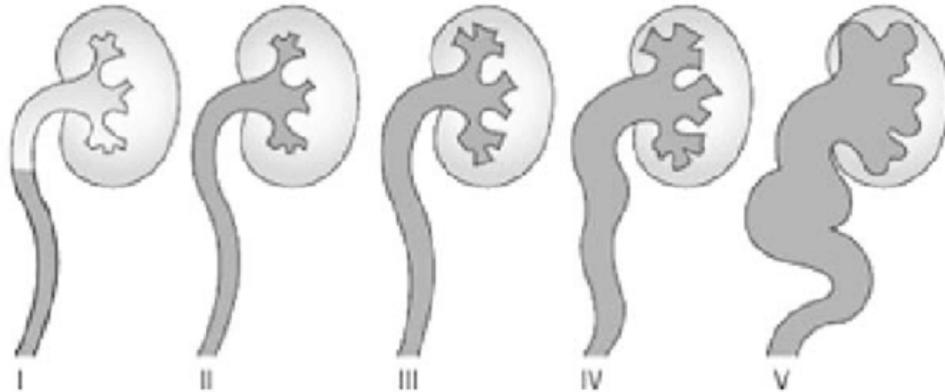
Le reflux vésico-urétéral (RVU) est défini par le passage rétrograde de l'urine de la vessie vers l'uretère et les voies urinaires supérieures. Le RVU traduit une incompetence du système valvulaire de la jonction urétéro-vésicale ([Figure 7](#)).

Le RVU concerne environ 1% des enfants de moins de 2 ans (0,4 à 1,8%[26]), avec une prédominance masculine dans les premiers mois de vie qui a tendance à s'inverser par la suite (2,2% des filles pour 0,6% des garçons [26]).

Le RVU peut-être **primitif**, en rapport avec une anomalie congénitale de la jonction urétero-vésicale, un RVU est retrouvé dans 11 à 30 % des pyélectasies fœtales[18].

Dans d'autres cas le RVU peut-être **secondaire**, lié à une augmentation de la pression vésicale, dans le cadre d'une hyperactivité vésicale fonctionnelle, pouvant être favorisée par la stase stercorale ou de mauvaises habitudes mictionnelles.

a



b

Grade	Description
I	Into a nondilated ureter
II	Into the pelvis and calyces without dilatation
III	Mild to moderate dilatation of the ureter, renal pelvis, and calyces with minimal blunting of the fornices
IV	Moderate ureteral tortuosity and dilatation of the pelvis and calyces
V	Gross dilatation of the ureter, pelvis, and calyces; loss of papillary impressions; and ureteral tortuosity

Figure 7: classification du RVU[27]

Le RVU se manifeste par des infections urinaires fébriles à répétition (hyperthermie, signes généraux marqués, signes fonctionnels urinaires).

La confirmation du diagnostic d'infection urinaire évoqué cliniquement, repose sur l'examen des urines, la bandelette urinaire (BU) plus ou moins complétée d'un examen cyto bactériologique des urines (ECBU) chez l'enfant de plus de 3mois[28], BU et ECBU systématique avant 3 mois [29].

L'analyse des urines est systématiquement complétée d'une échographie des voies urinaires, dans les premiers jours de prise en charge d'une pyélonéphrite aiguë à la recherche d'une anomalie des voies urinaires.

Les échographies réalisées en anténatal ou lors d'un épisode aigu ne sont pas suffisantes pour faire le diagnostic d'un RVU même de haut grade. La cystographie rétrograde est le seul examen de routine qui permet de dépister la quasi-totalité des RVU [30,31].

On retrouve un RVU chez un tiers des enfants ayant eu une pyélonéphrite aiguë [26,32], dans 75% des enfants présentant des infections urinaires récidivantes [30], et la majorité des RVU retrouvés au décours d'infections urinaires sont de bas grades [30,31].

Prise en charge probabiliste de la pyélonéphrite aigue chez l'enfant :

- **Enfant hospitalisé** : **céfotaxime** 50 mg/kg/8 heures IV (sans dépasser 6 gr) **ou ceftriaxone** 50 mg/kg/j en 1 IV (sans dépasser 2 gr) et **amikacine** 20 à 30 mg/kg/j en 1 injection IV sur 30min [33].
- **En ambulatoire** :
 - **Traitement par voie IV** pendant 2 à 4 jours : **amikacine** 20 à 30 mg/kg/j en 1 injection sur 30' ou **ceftriaxone** 50 mg/kg/j en 1 injection sur 30 min (sans dépasser 2 gr) [33].
 - Ou **traitement par voie IM** (**ceftriaxone** 50 mg/kg/j en 1 injection (sans dépasser 2 gr) [33].
 - Ou **traitement oral** : **céfixime** 4 mg/kg toutes les 12 heures uniquement si (>3 mois, et fièvre d'installation récente (< 48 heures) et état général conservé, et pas d'antécédent d'infection urinaire, ou d'uropathie, ou d'antibiothérapie récente [33]
- **Relai du traitement probabiliste** :
 - **amoxicilline (Entérocoque ou P. mirabilis amox S), cotrimoxazole, céfixime, ciprofloxacine** pendant 10 jours [33].

Traitement probabiliste des cystites aigues :

- **amoxicilline-acide clavulanique** : 80mg/kg/J (sans dépasser 3 gr/J) en 3 prises, pendant 5 jours.
- **cotrimoxazole** : 30 mg/kg/j de sulfaméthoxazole en 2 prises sans dépasser 2 cp de 800 mg 2 fois par jour, pendant 5 jours.
- **céfixime** : 4 mg/kg toutes les 12 heures sans dépasser 200 mg, 2 fois par jour, pendant 5 jours.

Antibioprophylaxie en cas de récurrence :

- L'efficacité de l'antibioprophylaxie sur la fréquence des récurrences des PNA est controversée. Si certaines études ne montrent pas de bénéfice significatif en terme de fréquence des récurrences, d'autres, par contre retrouvent une diminution nette de la fréquence des épisodes [30,34].
- Aucune étude ne retrouve un bénéfice en terme de survenue des cicatrices rénales et ce, indépendamment du grade du RVU [30,34]
- Elles favorisent la sélection et la diffusion de souches résistantes. Les céphalosporines, particulièrement, augmentent le risque de portage et d'infection par des entérobactéries productrices de BLSE ou de céphalosporinases [30,34]

La recherche d'un RVU est fondamentale pour prévenir les pyélonéphrites futures, pouvant entraîner des lésions rénales surajoutées à un parenchyme rénal déjà fragilisé. Une mauvaise prise en charge pourrait mener à une insuffisance rénale et/ou une hypertension artérielle secondaire.

3.5.2 Valves de l'urètre postérieur

Les valves de l'urètre postérieurs (VUP) sont une obstruction congénitale de l'urètre postérieur [35], c'est une pathologie qui apparaît tôt au cours de la grossesse entraînant une augmentation des pressions au niveau de la vessie et des voies

urinaires supérieures avec un retentissement au niveau rénal [35] pouvant mener à une insuffisance rénale chronique [36].

L'obstruction fœtale des voies urinaires basses est une pathologie rare, touchant 2,2 pour 10 000 enfant [35], la plus fréquente des causes reste les VUP, touchant 1 enfant sur 4000 à 7500 [35], la proportion étant plus élevée chez les enfants afro américains et les enfants atteints du syndrome de Down [37,38].

Les VUP représentent 17% des causes d'insuffisances rénales de l'enfant [35,37,38], et en sont la cause la plus fréquente parmi les uropathies obstructives congénitales [36].

Trois types de valves ont été décrits par Young et al. [39]

- le type 1 : la plus fréquente (95 %) correspond à une valve bicuspidée située au pôle inférieur du *veru montanum*,
- le type 2 : il n'existe plus en tant que tel aujourd'hui, et correspond à des replis allant du *veru montanum* aux régions postéro-latérales du col vésical,
- le type 3 correspond à un diaphragme au niveau de la partie distale du *veru montanum* pouvant être perforé proche de son centre [37].

La présentation la plus typique des VUP est la détection d'une hydronéphrose bilatérale au cours des échographies prénatales [35], mais le diagnostic définitif est posé après la naissance lors de la cystographie.

Entre 50% et 70% des VUP sont diagnostiquées au cours de la première année de vie [36,40] avec seulement 25% à 50% d'hydronéphrose vues en anténatal [36,40].

Dans certains cas les VUP ne sont pas détectées en anténatal, les enfants peuvent alors présenter une faiblesse au niveau du jet urinaire, des infections urinaires ou une insuffisance rénale [36,40]. Chez l'enfant plus âgé, on peut retrouver des difficultés à la vidange vésicale avec rétention et hématurie [36,40].

L'échographie a une place importante dans l'orientation diagnostique des VUP, mais une cystographie doit être réalisée pour confirmer le diagnostic. La cystographie est le gold standard pour le diagnostic des VUP [41].

Une prise en charge fœtale peut-être envisagée dans certaines indications très restreintes, un shunt vésico amniotique peut alors être proposé [35], chez les garçons présentant des facteurs de gravité tels qu'une hydronéphrose bilatérale, ou un oligoamnios bilatéral avant 25 semaines de gestation (période de développement du poumon) afin de prévenir d'une dysplasie pulmonaire [36].

Après la naissance si le diagnostic de VUP est confirmé, une résection de valve par voie endoscopique doit être envisagée dans les 5 à 7 jours [35,36] une cystographie de contrôle doit être effectuée à 1 et 3 mois afin de vérifier l'absence d'obstruction résiduelle [36].

Une surveillance à long terme doit être organisée, à la recherche de dysfonction vésicale [42], de polyurie [43], de protéinurie pouvant mener à des lésions rénales par hyperfiltration [44], la recherche d'un RVU (un tiers à 50% des enfants avec des VUP sont concernés par un RVU [36]), d'anomalie de la fonction rénale. En effet, les VUP entraînent une insuffisance rénale terminale chez 40% des enfants, pouvant mener à la greffe rénale [36].

3.5.3 Megauretère

Un uretère normal mesure moins de 5mm de diamètre, le rendant non visible à l'échographie, par définition on parle de megauretère pour toute dilatation supérieure à 5mm [45].

Le megauretère peut être primaire ou secondaire, associé à un reflux, une obstruction, les deux ou ni l'un ni l'autre. La cause principale de megauretère obstructif reste la cause malformative, avec un segment urétéral distal adynamique et étroit dans sa portion pré vésicale [45].

Le terme megauretère congénital correspond à une dilatation de l'uretère supérieure à 7mm, il représente la deuxième cause la plus fréquente d'hydronéphrose néonatale [46].

Le megauretère sans reflux représente 23% des hydronéphroses diagnostiquées en anténatal [45,47], il est quatre fois plus fréquent chez les garçons [47], le plus souvent touchant le rein gauche [47], dans 25% des cas les 2 cotés sont impliqués [45].

Bien que plusieurs cas aient été décrits au sein de familles, la transmission n'est pas considérée comme héréditaire [47].

Les patients avec une suspicion anténatale de megauretère doivent effectuer une échographie de contrôle dans les 5 à 7 jours suivant la naissance, pour confirmer ou infirmer le diagnostic [16]. Une cystographie doit être réalisée chez les patients avec un uretère retro vésicale visible afin d'éliminer un reflux vésico urétéral ou une valve de l'urètre postérieur [41]. En absence de reflux ou d'obstruction une scintigraphie rénale soit au MAG3 [48] ou au DTPA [49] peut-être réalisée à la recherche d'anomalie de la fonction rénale différentielle.

Les patients avec une fonction rénale différentielle inférieure à 40%, des symptômes ou des complications sont des candidats à la chirurgie, alors que les patients asymptomatiques ou avec une fonction rénale différentielle préservée auront un suivi régulier [50].

4 La scintigraphie rénale

La scintigraphie est un examen relevant de la médecine nucléaire, son grand principe repose sur l'injection d'un atome radioactif lié à un vecteur formant un traceur, qui se fixe de façon élective sur un récepteur pouvant être spécifique d'un organe. Les images sont collectées grâce à une gamma caméra ce qui permet de détecter des anomalies touchant la structure ou le fonctionnement d'un organe précis.

Dans le cadre qui nous intéresse, la scintigraphie rénale peut être utilisée pour évaluer le retentissement du syndrome de jonction pyélo-urétérale sur le parenchyme rénal, chez l'enfant notamment.

4.1 Les Différentes scintigraphies

Il existe de nombreux types de scintigraphies, avec des traceurs différents pour chaque organe. Dans cette partie nous nous intéresserons uniquement à la scintigraphie rénale, que l'on peut classer en deux grandes familles, la scintigraphie statique au DMSA et la scintigraphie dynamique au MAG 3 et au DTPA.

4.1.1 La scintigraphie rénale statique au DMSA

La scintigraphie au Tc-99m-DMSA est un excellent examen pour l'analyse du parenchyme rénal et elle donne des informations essentielles sur la fonction rénale différentielle [17,51].

La scintigraphie statique permet de détecter des anomalies au niveau du parenchyme rénal, des pyélonéphrites aiguës, des séquelles post infectieuses, des anomalies rénales congénitales (duplication rénale, dysplasie rénale, rein en fer à cheval) et de confirmer qu'un rein est non-fonctionnel [17,52].

Le technétium 99m est l'atome radioactif, il est lié à son vecteur le DMSA. Il est extrait de la circulation sanguine par absorption tubulaire et retenu au niveau du cortex rénal. L'assimilation au niveau rénal dépend du débit sanguin, du débit de filtration glomérulaire et de mécanismes d'endocytose au niveau du tubule proximal [17,53,54].

Les images sont acquises deux à trois heures après l'injection du traceur, quand 45 à 65 % de celui-ci a été absorbé par le cortex. L'acquisition des images se fait en position allongée, avec une tête de détection de gamma camera la plus proche possible de la zone à étudier afin d'obtenir des images de la meilleure qualité possible [17,55].

La région d'intérêt est dessinée autour de chaque rein permettant de soustraire le bruit de fond et d'obtenir la fonction rénale différentielle la plus précise possible [17,56].

4.1.2 Les scintigraphies rénales dynamiques

Les techniques d'interprétation des scintigraphies dynamiques ont été résumées dans différentes recommandations récentes. [25,57,58].

Une des études les plus récentes, permet de retenir deux indications majeures pour l'utilisation des scintigraphies dynamiques :

- L'évaluation de la fonction rénale différentielle [57].
- L'évaluation de l'extraction rénale du traceur [59,60]

Les différents traceurs utilisés peuvent être séparés en deux catégories, la première avec les traceurs avec une sécrétion tubulaire : I-123hippuran, Tc-99m- MAG3 et le Tc-99m-EC. Et la seconde avec un unique traceur à sécrétion glomérulaire Tc-99m-DTPA [57].

Les traceurs à sécrétion tubulaire ont une meilleure extraction rénale, ils sont donc préférés pour l'évaluation de la fonction rénale différentielle et la réalisation de cystographie indirecte chez l'enfant. L'utilisation du Tc-99m-DTPA est préférée quand l'analyse du débit de filtration glomérulaire est nécessaire [57].

Le radiotracer le plus utilisé est le Tc-99m-MAG3, il est lié aux protéines plasmatiques et réabsorbé au niveau du tube contourné proximal [61,62]. Sa fraction d'extraction rénale est de 40 à 50%, deux fois plus que le Tc-99m-DTPA, faisant du Tc-99m-MAG3 un excellent marqueur en cas d'obstruction rénale ou d'altération de la fonction rénale [54,62].

Les indications de scintigraphie rénale dynamique englobent toutes les uropathies nécessitant une exploration de la fonction de drainage du rein : RVU, JPU, dysfonction vésicale, duplication rénale, évaluation de la fonction rénale post traumatisme abdominal, fonction rénale asymétrique, pyélonéphrite chronique et suivi de transplantation rénale [57,63].

Les recommandations concernant les doses administrées n'ont pas été totalement harmonisées, L'EANM recommande l'administration de 15 MBq (MégaBecquerel) (0,41 MilliCurie MCi) minimum de Tc-99m-MAG3, Les recommandations nord-américaines suggèrent d'utiliser au minimum 19 MBq (0,5 MCi) [63,64]. La dose effective pour un enfant de moins de 5 ans doit être inférieure à 1mSv (0,54-0,82 mSv pour le Tc-99m-DTPA, 0,20-0,38mSv pour le Tc-99m-MAG3 et 0,41-0,7 mSv pour le I-123-hippuran) une réduction de la dose injectée est préconisée en cas d'altération de la fonction rénale connue [65,66].

Une bonne hydratation est essentielle pour une étude dynamique de la fonction rénale, il n'y a pas de consensus entre une hydratation orale [57] qui peut être considérée suffisante, et une hydratation intraveineuse [52].

Les images sont acquises toutes les 10 à 20 secondes, en position couchée par un collimateur basse énergie avec une résolution adaptée à la taille du patient [57]. Les clichés post-mictionnels sont essentiels, ils permettent de mettre en évidence une obstruction des voies urinaires.

4.2 La scintigraphie au DTPA

En médecine nucléaire on utilise un atome radioactif couplé à un vecteur formant un traceur spécifique d'un organe, ici le vecteur est le DTPA et l'atome radioactif le Tc99m l'ensemble forme le traceur.

La scintigraphie rénale dynamique au DTPA donne des informations importante sur le fonctionnement des reins permettant le diagnostic et aidant à la prise en charge des pathologies des voies urinaires [54].

Le DTPA couplé au Tc99m est le seul traceur à filtration glomérulaire [54], son utilisation est préférée aux autres traceurs quand l'estimation du débit de filtration glomérulaire est nécessaire [67], l'estimation du DFG n'étant aucunement perturbée par l'ingestion de nourriture contenant de la créatinine [67]. Sa fraction d'extraction est de 20%, par conséquent il permet une visualisation excellente du système pyélocaliciel, les uretères et la vessie [50], mais n'est pas conservé assez longtemps dans le parenchyme rénal pour en visualiser les lésions [50]. Le DTPA peut être utilisé pour la réalisation d'un rénogramme quand les agents à extraction tubulaire ne sont pas disponibles [68].

Les indications variant d'un pays à l'autre, aux Etats-Unis une seule échographie mettant en évidence une hydronéphrose de grade 4 mène à la réalisation d'une scintigraphie [69], alors qu'en Europe la réalisation de deux échographies à trois mois d'intervalle est nécessaire avant la réalisation d'une scintigraphie [69]. Tous les enfants ayant une uropathie nécessitant l'évaluation de la fonction rénale différentielle doivent réaliser une scintigraphie rénale.

La scintigraphie au DTPA peut être utilisée après transplantation rénale pour évaluer les résultats de la chirurgie, en utilisant les index de perfusion pour évaluer le fonctionnement du greffon [70].

4.2.1 Réalisation de l'examen :

Une information adaptée doit être donnée au préalable aux parents et à l'enfant. L'enfant sera encouragé à boire avant son arrivée, et s'il est en âge de comprendre, il devra uriner avant le début de l'examen [71].

Le radio nucléide utilisé est du technétium 99m et son vecteur le DTPA, il est éliminé par filtration glomérulaire.

Préparation du radiopharmaceutique : le DTPA est disponible sous forme de lyophilisat, dans des flacons stériles prêts à l'emploi. Une oxydation peut entrainer une variation du taux de fixation aux protéines plasmatiques et modifier la mesure du DFG [72]. Le radiotraceur, après son marquage, doit être conservé selon les RCP (Résumés des Caractéristiques du Produit), la solution restant stable quatre à six heures dans ces conditions, quelle que soit l'activité volumique.

Le 99mTc-DTPA est administré par voie intraveineuse, l'activité injectée se base sur une activité maximale de 300MBq pour un adulte, elle est calculée en fonction du poids chez l'enfant [73], avec une activité minimale de 20MBq.

99mTc PENTETATE DE TECHNETIUM (DTPA) 99mTc						
Injection intra-veineuse						
DOSE ABSORBEE PAR UNITE D'ACTIVITE ADMINISTREE (µGy/MBq)						
Organes	Homme adulte	Femme adulte	15 ans	10 ans	5 ans	1 an
Paroi vésicale	62	78	78	97	95	170
Reins	3,9	4,7	4,7	6,7	9,6	17
Paroi du colon	3,0	3,8	3,8	5,4	6,4	11
Ovaires	-	5,3	5,3	6,9	7,8	13
Testicules	2,9	-	4,0	6,0	6,9	13
Utérus	-	9,5	9,5	13	13	22
Dose efficace (µSv/MBq)	5,1	6,4	6,4	8,5	9,2	16

Figure 8: dose absorbée par unité d'activité administrée (µGy/MBq) [72]

Concernant l'injection de Furosémide, on utilise une dose de 1 mg/kg sans dépasser 20 mg. Il y a trois types de schéma :[68]

- F+20 : injection du Furosémide 20 minutes après l'injection du radiopharmaceutique
- F-15 : injection du Furosémide 15 minutes avant l'injection du radiopharmaceutique
- F-0 : injecté en même temps que le radiopharmaceutique (certaines équipes injectent le Furosémide deux minutes après l'injection du radiopharmaceutique car le transit intra rénal est très rapide).

Il n'y a pas de données suggérant qu'un des schémas proposés soit meilleur que les autres. Si l'accès veineux est difficile, une injection unique est recommandée [72].

Une réponse incomplète au test au Furosémide n'est pas une indication chirurgicale [25]. Les avis divergent quant à l'indication chirurgicale uniquement sur le critère d'hydronéphrose sévère, certaines études tendent à montrer que plus l'hydronéphrose est sévère, plus la chirurgie est indiquée [74], alors que d'autres études retrouvent paradoxalement un effet protecteur de l'hydronéphrose sur la fonction rénale [75,76].

4.2.2 Acquisition des images scintigraphiques :

Les paramètres d'acquisition des images sont standardisés, permettant d'obtenir le rénogramme et les images post-mictionnelle [72].

Le rénogramme de base dont l'acquisition démarre avant l'injection du radiopharmaceutique, en utilisant un collimateur basse énergie. Le détecteur de la

gamma caméra est dirigé vers le haut, l'enfant est installé en décubitus dorsal juste au-dessus. En cas de rein ectopique, il est nécessaire de faire des acquisitions de face. L'enfant doit être contentionné par des moyens adaptés. Le cœur, les reins et la vessie doivent être dans le champ d'acquisition. Une matrice 128x128 (ou en second choix 64x64) est utilisée pour récupérer les images qui sont acquises toutes les 0,5 à 1 secondes durant la phase vasculaire durant 40 à 60 secondes, puis toutes les 10 à 20 secondes pendant 20 minutes après l'injection de Furosémide, suivie de l'acquisition post mictionnelle.

Les paramètres d'acquisition sont les mêmes après l'injection de Furosémide.

L'acquisition post-mictionnelle est réalisée cinq minutes après la verticalisation et miction. L'acquisition se fait avec les mêmes paramètres que ceux utilisés pour le rénogramme de base pendant une minute.

4.2.3 Le traitement des images :

Un contrôle qualité des images est essentiel, une extravasation au niveau du site d'injection, des mouvements de l'enfant au cours de l'acquisition peuvent gêner l'interprétation des images [72].

Les zones d'intérêt rénales sont dessinées sur une image correspondant à la somme des images acquises lors des premières minutes, il faut être sûr que l'ensemble du rein et du bassinot soient inclus dans la zone d'intérêt pour la détermination fonctionnelle rénale et l'évaluation de la vidange pyélocalicielle. La réalisation d'une zone d'intérêt large est préférable [77].

Une zone d'intérêt périrénale distante de un à deux pixels du rein, permet de déterminer le bruit de fond, celle-ci permet d'éviter de prendre en compte l'activité diffusée par le rein [59].

Une zone d'intérêt cardiaque centrée sur le ventricule gauche est réalisée si la méthode de Patlak/Rutland est utilisée [72].

Une correction du bruit de fond est appliquée aux courbes d'évolution de l'activité, autant pour le rénogramme que pour les acquisitions après injection de Furosémide ou post mictionnelles [78].

Les courbes d'évolution de l'activité sont évaluées en fonction du temps. Une courbe d'activité est générée pour chaque zone d'intérêt, on utilise les courbes corrigées du bruit de fond pour les zones rénales. La fonction rénale séparée obtenue par ces courbes doit être comparée avec les images acquises lors de la première minute.

Une image sommée des images acquises lors de la phase vasculaire (60 à 120 secondes après le pic d'activité cardiaque) doit être réalisée. Elle reflète l'état du parenchyme rénal et permet la détection d'une éventuelle anomalie [79]. La fonction rénale séparée est appréciée sur les images précoces et comparée aux valeurs calculées par les courbes.

4.2.4 La quantification

La quantification prend en compte la fonction rénale séparée (phase de captation) et permet d'apprécier l'excrétion rénale (+/- après injection de Furosémide).

- **La fonction rénale différentielle** : elle est exprimée en pourcentage, et correspond à la fonction respective de chaque rein. Elle est calculée durant un intervalle d'une minute au cours de la phase ascendante du rénogramme [80].

Deux méthodes sont utilisées : la méthode de Patlak/Rutland et la méthode de l'intégrale ou aire sous la courbe [81].

- **Évaluation de l'excrétion** : L'analyse de la forme de la courbe permet de différencier une excrétion normale (pic précoce suivi d'une courbe rapidement descendante) d'une excrétion anormale (courbe constamment ascendante).
- **Réponse au Furosémide** : L'analyse de la réponse au diurétique doit obligatoirement prendre en compte les images post mictionnelles [82], elle peut s'exprimer en fonction du pourcentage de l'activité maximum.

4.2.5 Interprétations des images

- **La fonction rénale différentielle** : la norme varie entre 43% et 57 % pour le DTPA [72]. Une répartition peut être symétrique en cas d'anomalies bilatérales ou en présence d'une insuffisance rénale [72].
- **La vidange rénale** : Une vidange efficace est facile à définir visuellement soit par la comparaison des images, soit par l'aspect des courbes. A contrario aucun consensus n'a été trouvé sur la définition d'une vidange ralentie [83].

5 Information médicale

Le présent travail s'intéresse à la communication des résultats de scintigraphie au DTPA dans le syndrome de jonction pyelo-urétérale chez l'enfant. Cette communication entre dans le champ plus général du partage de l'information médicale, qui fait l'objet de cette section.

Le partage de l'information médicale entre professionnel de santé est le point d'articulation de la coordination et de la continuité des soins. En outre, le soin centré sur le patient gagne du terrain en médecine moderne, à tel point qu'il oriente chaque diagnostic, consultation et prise en charge médicamenteuse [84]. Au cœur du soin centré sur le patient se trouve la décision médicale partagée [85], nécessitant une information médicale claire pour le patient.

5.1 Définition de l'information médicale

L'information médicale est définie dans l'article R.4127-35 du code de la santé publique : « *Le médecin doit à la personne qu'il examine, qu'il soigne ou qu'il conseille, une information loyale, claire et appropriée sur son état, les investigations et les soins qu'il lui propose. Tout au long de la maladie, il tient compte de la personnalité du patient dans ses explications et veille à leur compréhension* »[86].

Une information claire et appropriée donnée au patient, améliore la relation de confiance entre le patient et le médecin, améliore la compréhension, l'adhérence et la satisfaction du patient [87]. Elle peut également permettre d'améliorer les résultats et de diminuer les coûts de la prise en charge [88].

5.2 Cadre de l'information

5.2.1 La relation médecin-malade

Avant les années 1980 le modèle habituel de la relation médecin-malade était paternaliste, donnant au médecin un rôle dominant au moment de la prise de décision

médicale, les échanges étant dans ce modèle majoritairement unilatéraux : du médecin vers le patient (Figure 9)[89].

Le model paternaliste a tendance à disparaître au profit de la décision médicale partagée. Ce qui implique que le médecin explique les tenants et les aboutissants de sa prise de décision en mettant en avant les bénéfices, les risques et les alternatives, alors que le patient s'exprime sur ses croyances, ses valeurs ou ses préférences vis-à-vis d'un traitement [89]. Les bénéfices d'une décision médicale partagée sont encore plus importants lorsqu'il n'existe pas de recommandation ou de gold standard, ou lorsque plusieurs options thérapeutiques sont envisageables, notamment si leurs retentissements sur la vie quotidienne sont très différents. Dans cette situation la décision du patient peut avoir plus d'importance [89].

Néanmoins, lorsque le risque est reconnu comme faible et que les connaissances des parents sont limitées, une décision médicale dirigée par le médecin peut également convenir aux deux parties pour ne pas faire porter une trop grande responsabilité aux parents. A titre d'exemple, dans une étude portant sur la prise de décision chirurgicale chez des enfants suspects de syndrome de la jonction pyélo-urétérale, il est rapporté que les parents ont tendance à suivre les recommandations du chirurgien plutôt que leurs convictions personnelles [87].

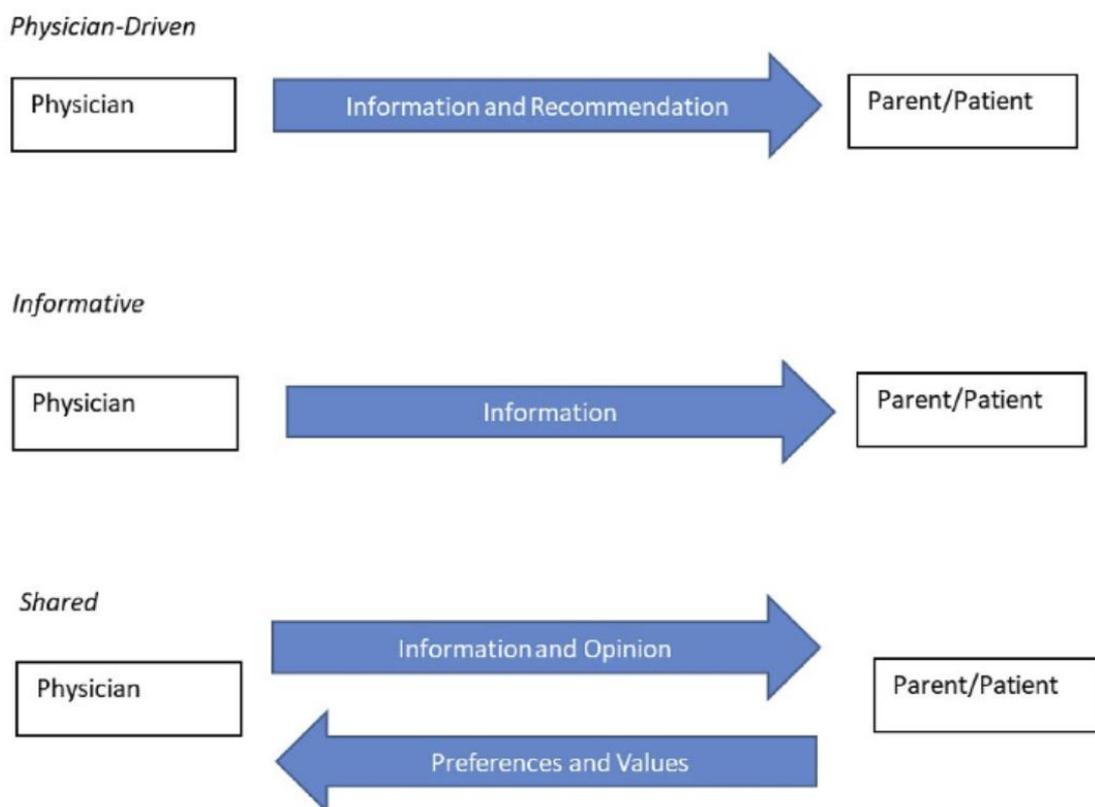


Figure 9: Schéma des différents types de prise de décision [87]

5.2.2 Relation entre professionnel de santé

Une communication efficace entre professionnels de santé contribue à la sécurité du patient et à un soin de qualité, alors qu'une rupture de communication peut mener à une situation défavorable pour le patient [90].

Un contact quotidien entre les professionnels de santé améliore la communication, moins il y a de communication entre ces professionnels, plus le risque augmente pour le patient. La communication est un processus interactif et dynamique influencé par le niveau de compétence et les expériences antérieures de chaque acteur [91].

Un échec en communication entre deux praticiens peut être dû à des pratiques différentes, des différences sociales ou des barrières psychologiques [92]. La première étape dans l'amélioration de la communication entre professionnels de santé est de comprendre les barrières qui existent, et de promouvoir une communication efficace [92].

5.3 Qualité de l'information

Tous les patients ont le droit d'être informés sur leur état de santé, que l'information soit orale ou écrite, l'information doit être synthétique, hiérarchisée et compréhensible, les alternatives thérapeutiques doivent être expliquées ainsi que les bénéfices et les risques éventuels [93].

5.3.1 Dans la relation médecin malade

Les patients désirent de plus en plus être impliqués dans la prise de décision médicale, cette attitude a un impact positif sur la santé des patients. De façon générale un système donnant accès au patient directement à des éléments explicatifs des comptes-rendus d'imagerie, pourrait accroître ses connaissances sur son état de santé augmentant ainsi son autonomie [94].

Comme décrit dans le code de la santé publique « *Le médecin doit à la personne qu'il examine, qu'il soigne ou qu'il conseille, une information loyale, claire et appropriée sur son état, les investigations et les soins qu'il lui propose. Tout au long de la maladie, il tient compte de la personnalité du patient dans ses explications et veille à leur compréhension* »[95].

De nombreux efforts ont été fait pour rendre accessibles les connaissances médicales aux patients, comme développer un langage clair, centré sur le patient, éduquer les professionnels de santé sur la littérature médicale, reformuler des questionnaires de consentement des patients et utiliser des techniques de communication basées sur le feed-back [96].

5.3.2 Dans la relation entre professionnels de santé

La qualité de la transmission de l'information entre professionnels de santé est importante, elle est définie dans le code de déontologie « *Lorsque plusieurs médecins collaborent à l'examen ou au traitement d'un malade, ils doivent se tenir mutuellement informés ; chacun des praticiens assume ses responsabilités personnelles et veille à l'information du malade. Chacun des médecins peut librement refuser de prêter son concours, ou le retirer, à condition de ne pas nuire au malade et d'en avertir ses confrères.* » [97].

On peut citer aux Etats-Unis l'exemple de l'« *Ethical Force program* » créé dans le but de développer des outils afin d'améliorer la communication entre le médecin et le patient, ainsi qu'entre professionnels de santé, avec à terme la volonté de créer un environnement de travail plus éthique [96]. Il est nécessaire d'améliorer la communication entre professionnels de santé, en développant une prise en charge multidisciplinaire, et ainsi faciliter la compréhension des patients [92].

5.4 Information médicale dans le compte-rendu

Le compte-rendu médical a pour objectif de communiquer les résultats d'un examen, fournir une trace manuscrite de l'acte réalisé ayant une valeur médico-légale et de valoriser l'acte radiologique dans une prise en charge globale du patient [98]. Les articles 34, 35, 60 et 64 du code de déontologie en définissent le cadre réglementaire [99].

5.4.1 Dans la relation médecin malade

Le compte-rendu médical doit toujours être remis au patient lorsqu'il est réalisé en libéral, il est directement intégré au dossier dans le milieu hospitalier auquel le patient peut avoir directement accès [98].

Il a été montré que les patients ne reçoivent pas autant d'information qu'ils le souhaitent d'un point de vue du diagnostic, des symptômes, de la progression de la maladie, du pronostic et du traitement [94]. Le radiologue dans ce contexte peut parfois être amené à fournir des explications complémentaires par oral, l'information médicale doit être adaptée à chaque patient [98].

5.4.2 Dans la relation entre professionnels de santé

Après avoir réalisé l'examen le rôle du radiologue ou du médecin imageur est de transmettre l'information au médecin traitant ou au médecin prescripteur par le biais d'un compte-rendu détaillé. Une transmission de l'information par téléphone peut également être envisagée dans un contexte urgent [98].

5.4.3 Qualité de l'information médicale

Un compte-rendu d'imagerie de qualité doit être utilisable et compréhensible par son lecteur. De plus en plus de patients lisent et cherchent à comprendre par eux-mêmes l'information transmise par leur compte-rendu d'imagerie, mais l'information y est rarement adaptée aux connaissances médicales des patients, mais plutôt réservée aux soignants [100].

Un compte-rendu radiologique de qualité doit obéir à de nombreuses règles. Il sera composé de quatre chapitres : Indications, Technique, Résultats, Synthèse et Conclusion. Il n'y a pas de consensus sur la longueur du compte-rendu, mais la taille du compte-rendu doit être adaptée à pathologie étudiée, il est préférable d'utiliser des termes médicaux simples, sans abréviations, le nom et la signature du radiologue doivent apparaître à la fin du compte-rendu [98].

La représentation graphique de compte-rendu radiologique est une façon simple de rendre une information complexe plus compréhensible par le patient [101].

6 Objectif

La dilatation anténatale des voies urinaires est une anomalie fréquente au sein de la population générale. Le diagnostic est le plus souvent évoqué au cours des échographies anténatales. En post-natal, l'échographie est l'examen de première intention pour le suivi des dilatations permettant de suivre leur évolution, en cas de persistance d'une dilatation, de majoration de dilatation, une scintigraphie rénale au

DTPA est réalisée, permettant d'évaluer le retentissement du syndrome de jonction pyélo-urétérale sur le parenchyme rénal.

L'objectif de ce travail est d'améliorer la transmission d'informations contenue dans un compte-rendu de médecine nucléaire, afin d'améliorer la prise en charge globale des patients présentant un syndrome de jonction pyélo-urétérale.

L'objectif stratégique de ce travail est de proposer un standard de compte-rendu d'imagerie nucléaire dans le cadre du diagnostic et du suivi des patients atteints de syndrome de jonction pyélo-urétérale, pour recueillir les données exhaustives nécessaire à la prise en charge. En se basant sur ces données, il serait possible de générer un compte-rendu clair adapté, ainsi qu'une représentation schématique, à destination des patients, des médecins et des autres professionnels de santé, améliorant ainsi la transmission de l'information entre les différents interlocuteurs.

Afin de contribuer à cet objectif, les objectifs opérationnels de ce travail sont :

- De définir le contenu type du compte-rendu de scintigraphie rénale au DTPA, dans le cadre du syndrome de jonction pyélo-urétérale de l'enfant.
- De proposer un standard d'interopérabilité, ne nécessitant pas de flux informatique, permettant la transmission d'information structurée sur le support du compte-rendu papier, aux autres professionnels de santé équipés du système de réception adapté.
- De proposer une représentation schématique du résultat de l'examen, par une d'iconographie schématique générée de façon automatique, comme support d'information.

Article en Anglais

1 Introduction

1.1 Ureteropelvic junction syndrome

Antenatal hydronephrosis is a common anomaly, affecting 1 to 4% of pregnancies[14,15]. Post-natal evolution of hydronephrosis must be monitored, using ultrasonography at 1 week and 1 month of life[16]. In 48%, a complete and spontaneous regression is observed[16]. In case of a persistence or an increase of the hydronephrosis, other diagnostics must be ruled out. A voiding cystourethrography must be performed to explore a potential vesicoureteral reflux[26] or a posterior urethral valve[35]. If the cystography is normal a Tc99m-DTPA renal scan will search for a ureteropelvic junction obstruction, and its potential impact on the related kidney.

The ureteropelvic junction obstruction (UPJO) is defined as an obstruction located between the renal pelvis and the ureter. The obstruction can be intrinsic (aperistaltic ureteral segment, ureteral valve) or extrinsic (vascular compression)[16].

UPJOs account for 15 to 45 % of antenatal dilatation, and 1/2000 living birth[17,22], sex ratio is of 2 to 3 boys for 1 girl[23]. The left kidney is most often affected[23], and we can observe a bilateral obstruction in 20 to 39% of cases[23].

Although the information provided by Tc99m-DTPA renal scan reports are difficult to understand for the patients (and/or parents) as it is, it will influence the decision of surgical treatment in these young infants with UPJO.

1.2 Medical information

Communication is the cornerstone of good relationship between doctor and patient. The medical information must be clear and understandable by the patient[86]. Communication problems in health care can lead to health problems, injury, or death for the patient. And on the other hand, increasing the quality of the information between doctors and patient may lead to better results and lower costs[88].

The main objective of imaging report is to communicate results to the patient or/and to others doctors and health professionals to update and improve the patient's healthcare [98]. Most of the time the patients receive less information that they expected[94], so improving the imaging report to make it understandable by the patient is a way to improve the patient's knowledge about his affection, and can lead to a shared decision, in a patient-centered approach[94,96].

Graphical display can be used, to improve the patient's understanding[101], and we believe it could also apply to a medical report, converting a complex data into a simple illustration[101].

1.3 Objective of the study

The aim of the study is to improve the communication between healthcare professionals (General practitioners, radiologists, nuclear medicine physicians, surgeons...) in the management of the 99Tcm-DTPA renal scintigraphy for UPJO, and

at the same time, the understanding of the imaging report by the patient, and its impact on the treatment.

To reach this objective, a reproducible methodology was established to produce a “patient-friendly” 99Tcm-DTPA renal scan standard report, following 5 steps[102]:

1. Field definition: literature-based definition of relevant fields with expert validation,
2. Data model: semantic and syntactic standardization of the data collection within the report
3. Textual report: proposal of a template to automatically generate a textual report
4. 2D visualization: proposal of a mapping for automated production of a visualization support for patients
5. QR Code: definition of a paper-based physical interoperability standard based on a quick response code (QR Code).

2 Material & methods

2.1 Bibliographic review on medical imaging reporting guidelines

A bibliographic review was lead on the Medline database (on <http://pubmed.gov>), Google and Google Scholar. The aim was to identify guidelines about medical imaging reporting in general, and specially about the Tc99m-DTPA renal scan in UPJO. Guidelines dealing with radiological reporting in general were included, as for the the legal requirement of medical report, we screened the French health government agency (*Haute Autorité de Santé*, HAS), and the French Health regulation code (*Code de la santé publique*).

2.2 Bibliographic review on papers reporting imaging results

A bibliographic review on UPJO was conducted on the Medline database (on <http://pubmed.gov>), searching for articles reporting cases of children suffering from UPJO. The purpose was to identify any information that was found relevant by the authors in the report, to document the database of the patient. A combination of keywords was used, as listed in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, to run our PubMed query ([Figure 10](#)). We selected the articles based on title and abstract. Some additional articles found in the bibliographic references were also included when they were considered relevant.

We created a table to summarize the reported outcomes contained in inclusion and exclusion criteria, and the results of the exam.

table 1:Definition of keywords

Imaging technique	Disease and related	population
radionuclide imaging	kidney	child
radionuclides imaging	kidneys	children
gamma camera imaging	nephrology	kids
gamma camara	renal parenchyma	kid
imaging	UPJ	pediatric
scintigraphy	uretero pelvic junction	child
radioisotope	uretero pelvic junction obstruction	children
radioisotopes	pelviuretric junction	
radioisotopes scanning	hydronephrosis	
radioisotope scanning	megaureter	
scintiphotography	diuretic	
DTPA	diuretics	
	antenatal hydronephrosis	
	ANH	

```
(("radionuclide imaging"[Title/Abstract]) OR ("radionuclides
imaging"[Title/Abstract]) OR ("gamma camera imaging"[Title/Abstract]) OR
("gamma camara "[Title/Abstract]) OR ("imaging"[Title/Abstract]) OR
("scintigraphy"[Title/Abstract]) OR ("radioisotope"[Title/Abstract]) OR
("radioisotopes"[Title/Abstract]) OR ("radioisotopes
scanning"[Title/Abstract]) OR ("radioisotope scanning"[Title/Abstract]) OR
("scintiphotography"[Title/Abstract]) ("DTPA"[Title/Abstract])) AND
(("kidney"[Title/Abstract]) OR ("kidneys"[Title/Abstract]) OR
("nephrology"[Title/Abstract]) OR ("renal parenchyma"[Title/Abstract]) OR
("UPJ"[Title/Abstract]) OR ("uretero pelvic junction"[Title/Abstract]) OR
("uretero pelvic junction obstruction"[Title/Abstract]) OR ("pelviuretric
junction"[Title/Abstract]) OR ("hydronephrosis"[Title/Abstract]) OR
("megaureter"[Title/Abstract]) OR ("diuretic"[Title/Abstract]) OR
("diuretics"[Title/Abstract]) OR ("antenatal
hydronephrosis"[Title/Abstract]) OR ("ANH"[Title/Abstract])) AND
(("child"[Title/Abstract]) OR ("children"[Title/Abstract]) OR
("kids"[Title/Abstract]) OR ("kid"[Title/Abstract]) OR
("pediatric"[Title/Abstract]))
```

Figure 10 Research formula used regarding DTPA renal scan reports

2.3 Definition of relevant fields

Using on one hand the guidelines found in the 2.1 and on the other hand the papers selected in the 2.2, a list of relevant items was established. A blind review of the items list was made by different expert: a nuclear medicine physician (Hospital practitioner in our university hospital), a group of general practitioners, and a pediatric urologist. We held a meeting to finalize the list of items to report in the Tc99m renal scintigraphy report.

2.4 Proposal of a data model and a structured form

The list of fields was transformed into a data model, and modeled through an UML diagram. We then created a JSON schema to detail precisely every item/field intended to appear in the imaging report. Following this JSON Schema, we created a “fictional”

result dataset, using the YAML syntax to convert data into a small size and human friendly “text file”. Finally, we used the web-based open-source e-CRF tool Goupile, to output an easy-to-use form for any renal scintigraphy for pelvi-ureteric junction syndrome, that can output the structured data defined above.

2.5 Proposal of 2D visualization method

We proposed a 2D paper-printable representations that could permit to represent the usual paraclinical representation of pelvi-ureteric junction syndrome. A mapping was established between items and graphical representation (e.g. number X → diameter of object Y).

Several examples of 2D mockups were manually designed to illustrate the process. We proposed these mockups to 10 GPs and 8 patients, and discussed about their feeling of the representation. Their feedbacks were used to successively improve the mockups.

2.6 Proposal of a physical interoperability standard

The YAML data serialization file was converted to a QRCode using the python QRCode generator. It is worth noting that QRcodes can store up to 4296 alphanumeric characters for version 40 (177x177 modules), with a redundancy factor between 7% and 30%, and can contain up to 2953 bytes. Data retrieval was tested using 4 different models of modern smartphones.

3 Results

3.1 Field definition

3.1.1 Bibliographic review on guidelines

According to the SFR (*Société Française de Radiologie*), a good medical imaging report must contain several items : Radiologist and patient identification, the indication, the technique used for the exam, the results and the conclusion. There is no consensus about the size of the report but it must be adapted to the pathology, using simple medical word without shortened word[98].

A clear and understandable information must be given to the parents and the children, about the different steps of the exam[71].

The framework for the Tc99m DTPA renal scintigraphy in the PUJ has been published and revised in the North American (NA)[52] and European societies (EANM and SNMI)[57], in their corresponding guidelines. The guidelines enabled to identify relevant items such as the evaluation of split renal function, the renal immaturity with the GFR[17].

The 99mTc-DTPA is injected in intravenous, activity injected is function of the weight from a minimal activity of 20 MBq to a maximum of 300MBq (for an adult)[73].

3.1.2 Bibliographic review on papers reporting imaging results

[table 2](#) presents the outcomes reported in the analyzed scientific papers. We can observe that the papers report the DRF in 66% of the case (14 of 22), the furosemide test in 47% (10 of 22), the renogram in 52% (11 of 22), the GFR and renal transit time 29% (6 of 22), the resistive index, the LOF and the RFR 5% (1 of 22).

table 2: Frequently reported outcomes, in clinical studies

Study	Study type	Population	DRF: Differential renal function	Furosemid test	GFR: Glomerular Filtration Rate	Renal transit	Other
Iosif Mendichovszky 2017 [17]	Review	Pediatric rénale scintigraphy, last 10 years	Present	Present	Present	lacking	LOF
Carlos J. R. Simal 2018 [103]	Retrospective study	177 patients suspected UPJO (346 renal unit)	Lacking	present	Lacking	Lacking	0
Rahman et al. 2018[67]	Prospective study	53 patients from 26 to 144 month	Lacking	Lacking	Lacking	lacking	RFR
Gordon, Isky 2011 [57]	Guidelines for standard and diuretic renogram in children	Children who undergo dynamic renography	Present	Present	Lacking	Lacking	0
Hiep T. Nguyen et al 2010 [104]	Review		Present	Lacking	Lacking	Lacking	0
Dostbil, Zeki 2011 [105]	Retrospective study	Paediatric age group, from 2008 to 2009, to the Nuclear Medicine Clinics, at theElazig Research and Training Hospital	Present	Lacking	present	Lacking	0
Amy Piepsz 2011 [25]	Review	Antenatal hydronephrosis with pelviureteric junction stenosis	Present	Present	Lacking	Lacking	0
Kishore et al [106]	This cross-sectional descriptive study	42 children with nephroblastoma	Lacking	Lacking	Present	Lacking	0
Cho et al 2013 [107]	Retrospective	312 pediatric patients with unilateral UPJO	Present	Present	Lacking	Lacking	0
Kurugol et al 2020 [108]	Single-center prospective study		lacking	lacking	Present	lacking	0
arena et al 2018 [109]	Retrospective study from 1996 to 2006	96 neonates with unilateral UPJO	lacking	present	lacking	lacking	0

majd et al 2018 [68]	Guidelines for Diuresis Renography in Infants and Children	Infants and children with sonographic diagnosis of HN	Present	Present	lacking	lacking	0
Kato et al 2006 [110]	Report	40 PUJS	Present	Lacking	Lacking	Lacking	0
Ismaili et piepsz 2013 [111]	Review		Present	Lacking	Lacking	Present	0
Schlotmann et al 2009 [112]	Retrospective	Fifty patients had a total of 169 99mTc-MAG3	Lacking	Lacking	Present	Present	0
Liu et al 2015 [113]	Retrospective	47 unilateral UPJO patients	Present	Present	Lacking	Present	0
Sarin 2017 [114]	Review	HN due to UPJO	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Resistive index
Taylor 2014 [54]	Review	Patients with genitourinary tract problems	Present	Lacking	Present	Lacking	0
Chertin et al 2006 [115]	Retrospective	AHN with UPJ	Present	Present	Lacking	Present	0
Durand et al 2008 [60]	Report	HN, RVHT	Present	Present	Lacking	Present	0
Chichoki et al 2015 [116]	Retrospective	42 kidneys	Lacking	Lacking	Lacking	presenet	RFR
Total			66%	47%	29%	29%	

3.1.3 Definition of relevant fields

Based on our literature review, examples of report result for the Tc99m-DTPA scintigraphy in the UPJO ([table 2](#)) and validation by expert, we determined a list of relevant fields. The exhaustive list is detailed in the [table 3](#). The list is composed of two categories, the first one about general items and the second about the results:

- General items:
 - o items about patient identification, mandatory for any radiological report
 - o items about the exam characteristics
 - o items about conditions for performing the 99mTc-DTPA renal scintigraphy
- Results of the exam:
 - o for each kidney, description of the tracer transit
 - o for each kidney, description of the renogram
 - o conclusion

table 3: Detailed description of the selected fields

Entity	Attribute	Type	Cardinality	Graphic Use	
Exam	<i>(patient's characteristics)</i>				
	Patient_first_name	String		No	
	Patient_name	String		No	
	Patient_birth	Date		No	
	<i>(protocol characteristics)</i>				
	Physician	String		No	
	Institution	String		No	
	Exam_datetime	Date		No	
	Exam_type	Categorical		No	
	Device_model	String		No	
	Device_date	Date		No	
	Exam_Indication	Categorical		No	
	<i>(exam condition)</i>				
	Activity	Categorical		No	
	Tracer	Categorical		No	
	Injection_site	Categorical		No	
	Patient_position	Categorical		No	
	Furosemid_injecton	Boolean		No	
	Acquisition_time	Real		No	
	Renogram_curve	Categorical		No	
	Calculation_method	Categorical		No	
	<i>Results</i>				
	Urinary_tract_duplication				
	Renal_transplant	Categorical		No	
	Bladder_diversion	Categorical		No	
	Bladder_onset	Categorical		Yes	
	Renal_function_symetry	Categorical		Yes	
	Stasis	Categorical		Yes	
	<i>Conclusion</i>				
	Findings	Categorical		No	
Comment	String		No		
Conclusion	String		No		
Conclusion_validation	Boolean		No		

Urinary_tract_resu			
Its	(results)		
	Urinary_tract_id	Hash (PK)	No
	Lateralisation	Categorical	No
	Diversion	Categorical	No
	Coritcal_transit_time	Real	Yes
	Cortical_transit_time_evaluation	Categorical	Yes
	Pyelocaliceal_time	Categorical	No
	Stasis	Categorical	Yes
	Late_images	Categorical	No
	Parenchymal_impregnation	Categorical	Yes
	Kidney_size	Categorical	Yes
	Kidney_morphology	Categorical	Yes
	Ureteral_dilatation	Categorical	Yes
renogram			
	Vascular_slope	Categorical	No
	T_max	Real (0 to 20)	No
	Curve	Categorical	No
	Renal_function	Real	Yes
	Furosemid_test	Categorical	No
	Comment	String	No

3.2 Data model

From our list of fields, we modeled an UML diagram, shown in [Figure 11](#)

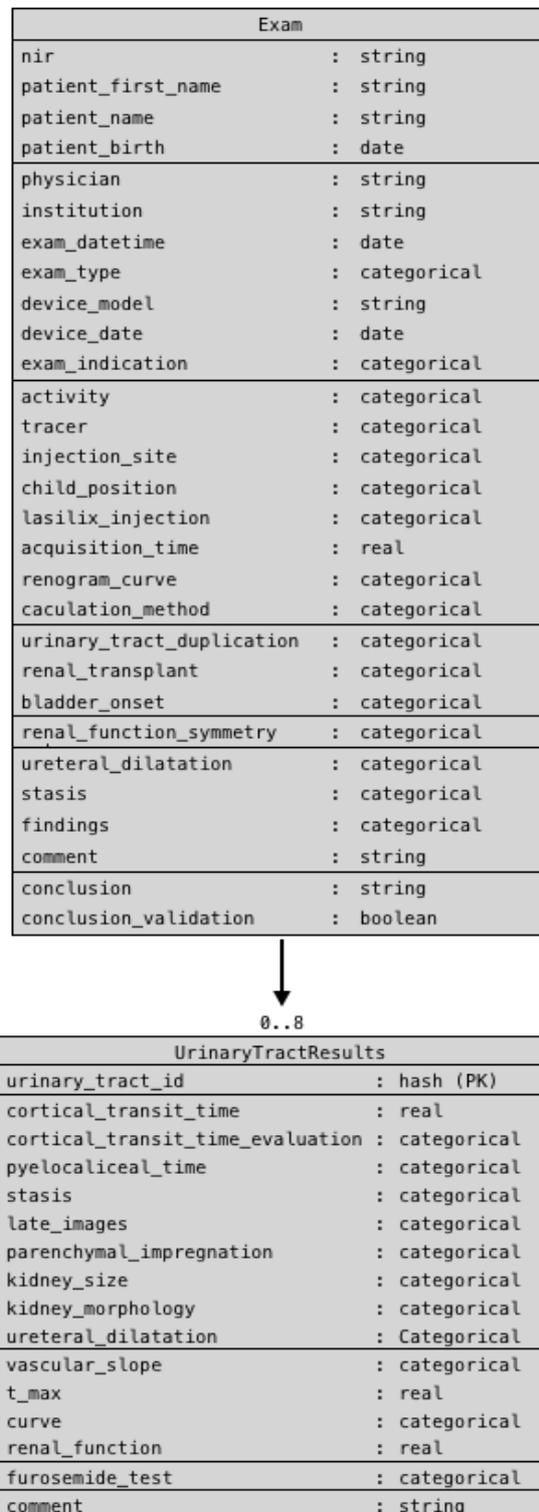


Figure 11: UML Diagram

From the UML diagram, we set up a JSON database schema, which defined for each entity the required properties and values. [Figure 12](#) presents the first lines of the JSON schema. For the complete file, see the appendix n°2.

```
{
  "$schema": "https://json-schema.org/draft/2019-09/schema#",
  "title": "DTPA Renal Scan Report",
  "type": "object",
  "required": ["patient_first_name", "patient_first_name", "patient_birth",
"conclusion_validation"],
  "properties": {
    "identifier": {
      "type": "string",
      "description": "Patient unique identifier",
      "minLen": 13,
      "maxLen": 13,
      "pattern": "^[0-9aAbB]{13}$"
    },
    "patient_first_name": {
      "type": "string",
      "description": "Patient's first name"
    },
    "patient_name": {
      "type": "string",
      "description": "Patient's name"
    },
    "patient_birth": {
      "type": "string",
      "description": "Date of birth, format yyyy-mm-dd",
      "format": "date"
    },
    "physician": {
      "type": "string",
      "description": "Physician responsible for the interpretation of the imaging
results"
    },
    "institution": {
      "type": "string",
      "description": "Institution in which the exam is performed"
    },
    "exam_date_time": {
      "type": "string",
      "description": "Date and time of exam, format yyyy-mm-ddThh:mm:ss",
      "format": "date-time"
    },
    "exam_type": {
      "type": "string",
      "description": "Exam type",
      "enum": ["Scintigraphy", "NA"]
    },
    "device_model": {
      "type": "string",
      "description": "Model of imaging device"
    },
    "device_date": {
      "type": "string",
      "description": "Date of device validation",
      "format": "date"
    },
    "exam_indication": {
      "type": "string",
      "description": "Exam indication",
      "enum": ["Initial evaluation", "Pre operative follow up", "Post operative follow
up", "Other", "NA"]
    },
    "activity": {
      "type": "number",
      "description": "Total activity, in Mega Becquerel",
      "minimum": 0
    },
    "tracer": {
      "type": "string",
```

Figure 12: first lines of the JSON schema

Based on the JSON schema, we imagined a "fictional" Dynamic Renal Scintigraphy Report, and produced the corresponding YAML file **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

All the files are also available on https://github.com/arthurldp/medical_imaging_report.

```
%YAML 1.2
---
Exam:
  schema:
    medical_imaging_report/scintigraphy_renalscan_dtpa/ICIPEMIR_scintigraphy_renalscan_dtpa.schema.json
  identifier: id12345678910
  patient_first_name: John
  patient_name: Doe
  patient_birth: 1901-01-01
  physician: Marc Antoine HUBAUT
  institution: CHU Lille
  exam_date_time: 2021-01-01T14:00:00
  exam_type: Scintigraphy
  device_model: Dual detector gamma camera SYMBIA S Siemens
  device_date: 2021-01-01
  exam_indication: Initial evaluation
  activity: 20
  tracer: 99mTC DTPA
  injection_site: Peripheral IV
  patient_position: Lying
  furosemid_injection: "Yes"
  acquisition_time: PTH1M30
  renogram_curve: Abnormal
  calculation_method: Patlack
  urinary_tract_duplication: Right
  renal_transplant: "No"
  bladder_diversion: "No"
  bladder_onset: PT10M
  renal_function_symmetry: Assymmetric
  urinary_tract_results:
    urinary_tract_id: [ut1, ut2, ut3]
    lateralisation: [Left, Right upper pole, Right lower pole]
    diversion: ["JJ stent", "No", "No"]
    cortical_transit_time: [PT30S, PT45S, PT2M]
    cortical_transit_time_evaluation: [Normal, Normal, Retarded]
    pyelocaliceal_time: [PT2M, PT2M30S, PT5M]
    stasis: [None, None, Pyelo-caliceal]
    late_images: [Complete decrease, Complete decrease, No give in or increase]
    parenchymal_impregnation: [Early and homogeneous, Early and heterogeneous, Late and homogeneous]
    kidney_size: [Normal, Normal, Normal]
    kidney_morphology: [Normal, Abnormal, Abnormal]
    ureteral_dilatation: ["No", "No", "No"]
    vascular_slope: [Normal, Normal, Altered]
    tmax: [PT11M, PT8M, PT8M]
    curve: [Spontaneous emptying complete (or almost complete), Spontaneous emptying incomplete,
Spontaneous emptying incomplete]
    renal_function: [70, 20, 10]
    furosemid_test: [Complete emptying, Complete emptying, No emptying]
    comment: [NA, NA, NA]
  findings: Abnormal compatible with clinical description
  comment: NA
  conclusion: NA
  conclusion_validation: true
```

Figure 13:example of YAML file

3.3 Textual report

Then, we could propose a template model, which is intended to be fed with YAML data, and to automatically generate a textual report. We propose here a proof of concept, using a pseudo-code-based template for that purpose.

```
Mr/Mrs{patient_name} {patient_first_name}
Date of birth: {patient_birth}
Date of exam: {exam_date_time}

Exam {exam_type}
{device_model} {device_date}

Indication:
{exam_indication}

Condition:
{activity}, {tracer}, {injection site}, {patient position}, {furosemide injection}, {aquisitiontime},
{calculation method}, {renogramme curve}

Results:

{if urinary_tract_duplication = "No"}
    No urinary tract duplication.
{else}
    Urinary tract duplication {urinary_tract_duplication: comments}

{if renal_transplant = "No"}
    No renal transplant
{else}
    Renal transplant {Renal transplant: comments}

...

{foreach urinary_tract_results as utr}

    {if [utr]diversion <> "No"}

        Presence of a urinary tract diversion: [utr]diversion

        {[utr]lateralization} kidney cortical transit time:
            Measuring {time} minutes
        {[utr]lateralization} kidney cortical transit time = "Normal"
            kidney cortical transit time Normal

    {else}
        kidney cortical transit time { cortical transit time: comments}

Conclusion:
{findings}
{if further_imaging <> No}
    Need for {further_imaging_type}
{if further_physician <> No}
    Need for {further_physician_type} opinion advice
    {physician}
```

Figure 14: example textual report

3.4 2D visualization

Here are presented some examples of possible schematic representation of DTPA scintigraphy report in PUJO. [Figure 15](#) represents a normal urinary tract on the left figure and PUJO on the right figure.

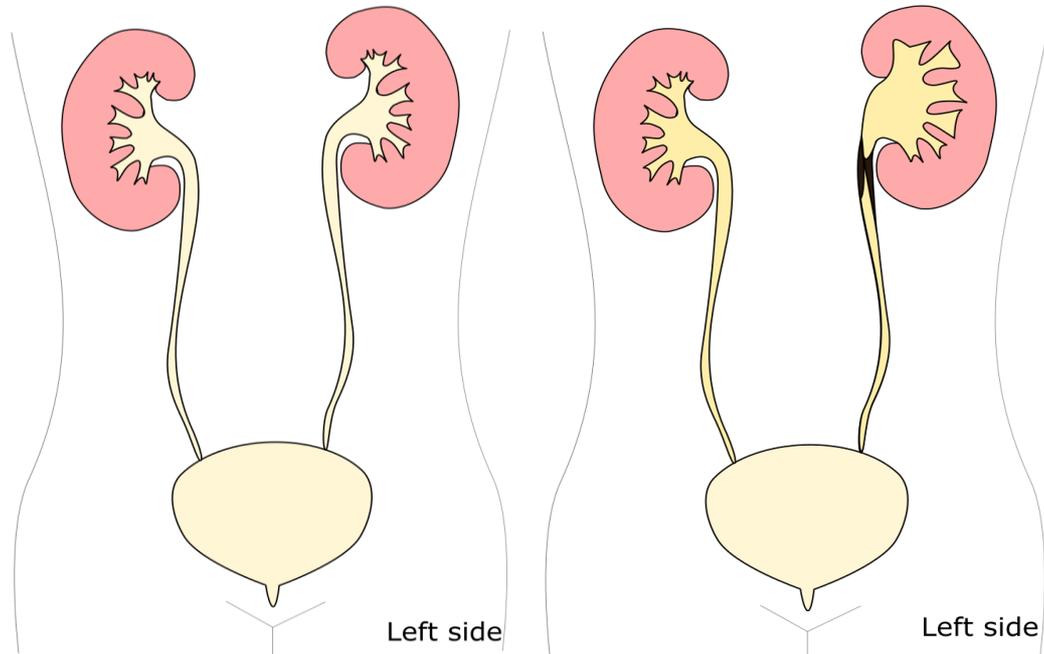


Figure 15: Normal urinary tract (left), PUJ on the left kidney (right)

[Figure 16](#) shows the difference between normal stasis and abnormal in the PUJO.

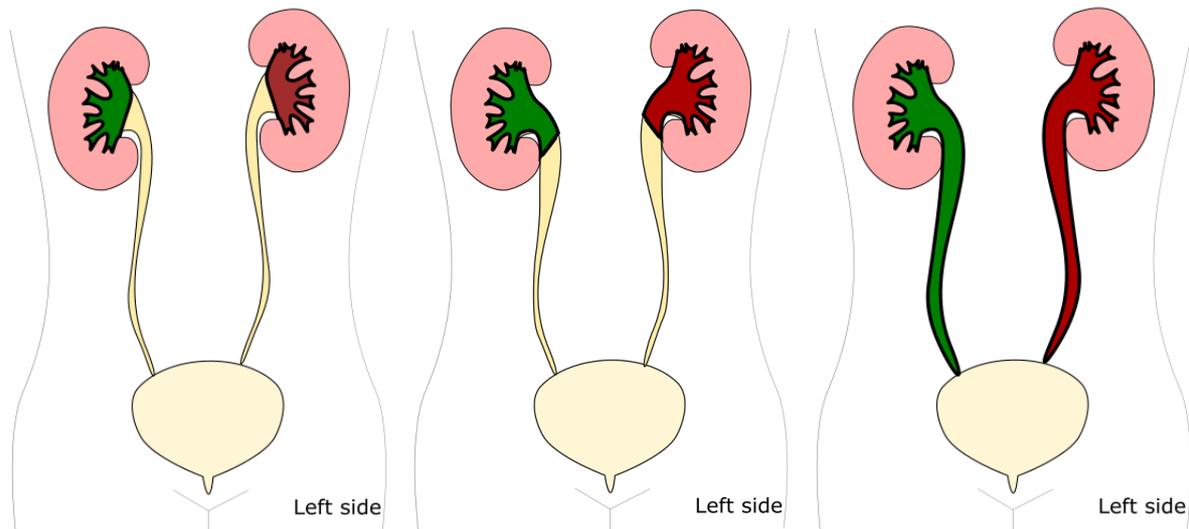


Figure 16 : Caliceal stasis (left), Pelvicalyceal (middle) or uretero pelvicalyceal (right), normal green right kidney, abnormal red left kidney.

Figure 17 shows the difference between normal cortical transit time (green) and abnormal cortical transit time (red).

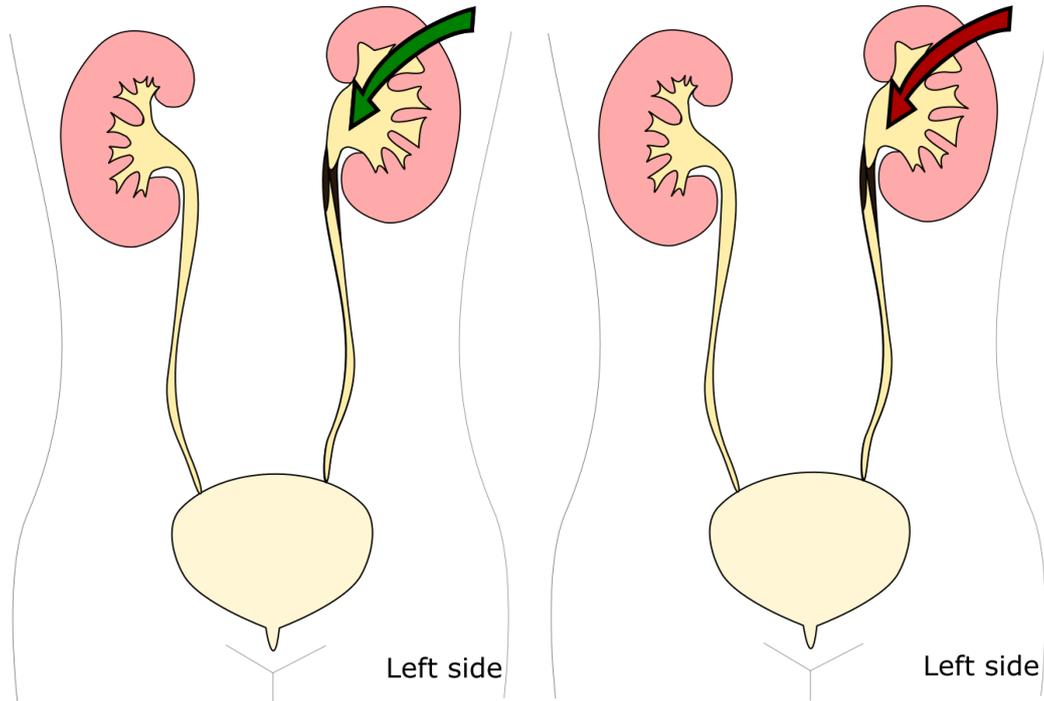


Figure 17: Cortical Transit Time : normal (green), abnormal (red)

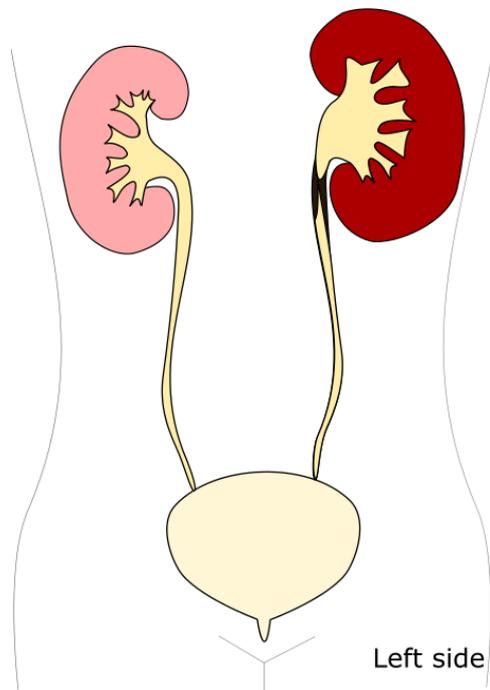


Figure 18 : Differential renal function <40%

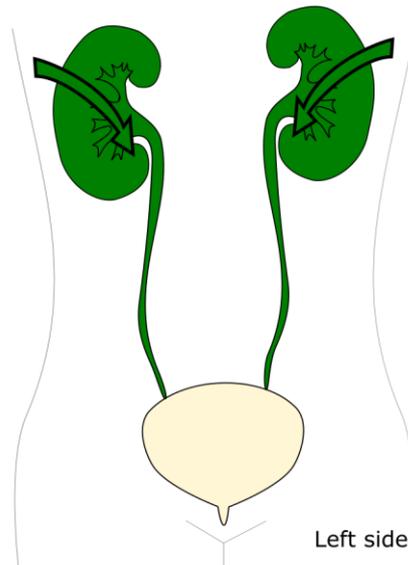


Figure 19 : Normal renal function, normal stasis, cortical transit time normal, kidney normal

We defined a mapping between the proposed data model, and the graphic representation elements.

We considered that in the case of a normal urinary tract and kidney, the schematic representation in an anatomical point of view would be the [Figure 15](#), and the functional point of view would be [Figure 19](#).

If the organ function or the measurement are abnormal, it would induce modifications of the predefined parameters corresponding to the [table 4](#) and on [Figure 20](#), and so induce modification on the graphical representation.

Otherwise, for the differential renal function, the cortical transit time and the stasis we used different color, green normal and red abnormal.

table 4: Correspondence between anatomical variation and representation

Field	Drawing parameter	Type of modification
Renal_function	Kidney color (a)	Green: normal (g) red: abnormal (<40%)(r)
Ureteral_dilatation	Ureteral diameter (b)	Increase by a certain factor
Cortical_transit_time	Arrow (c)	Green: normal (g) red: abnormal (r)
Stasis	Caliceal (S1), Pelvicalyceal (S2) or uretero pelvicalyceal (S3) color (d)	Green: normal (g) Red: abnormal (r)
Kidney_size	Kidney height (e)	Increase by a certain factor

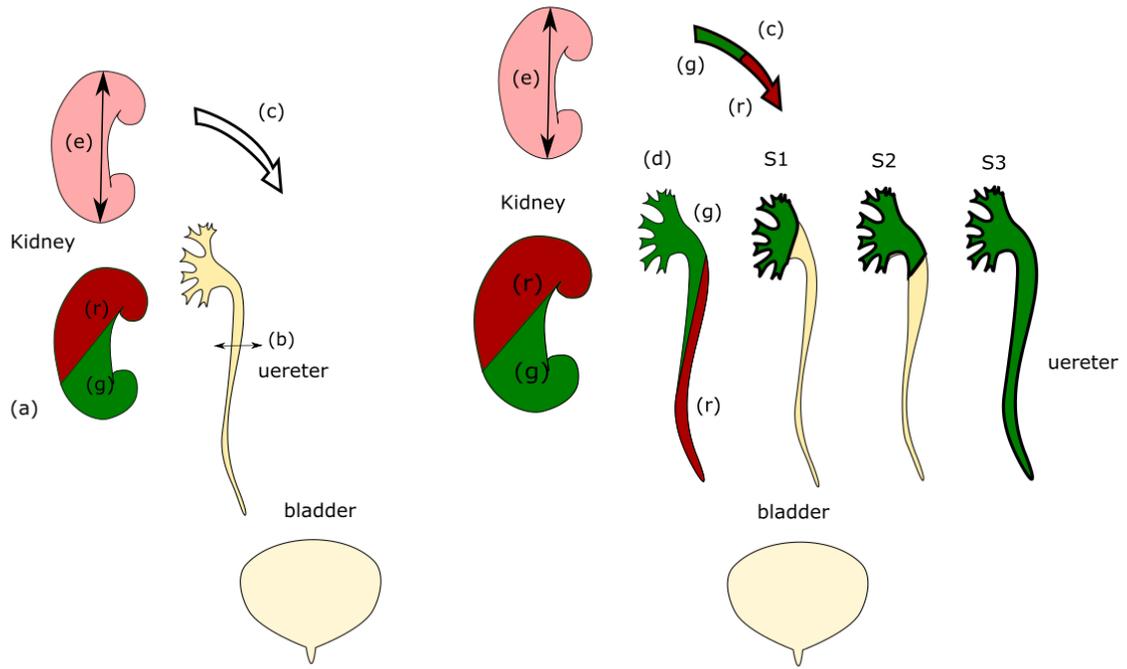


Figure 20 : Drawing parameters

3.5 QR Code

From an instance of our data model, we generated a QR Code as shown in [Figure 21](#), containing a 1926 characters text file, with a 7% error correction level.

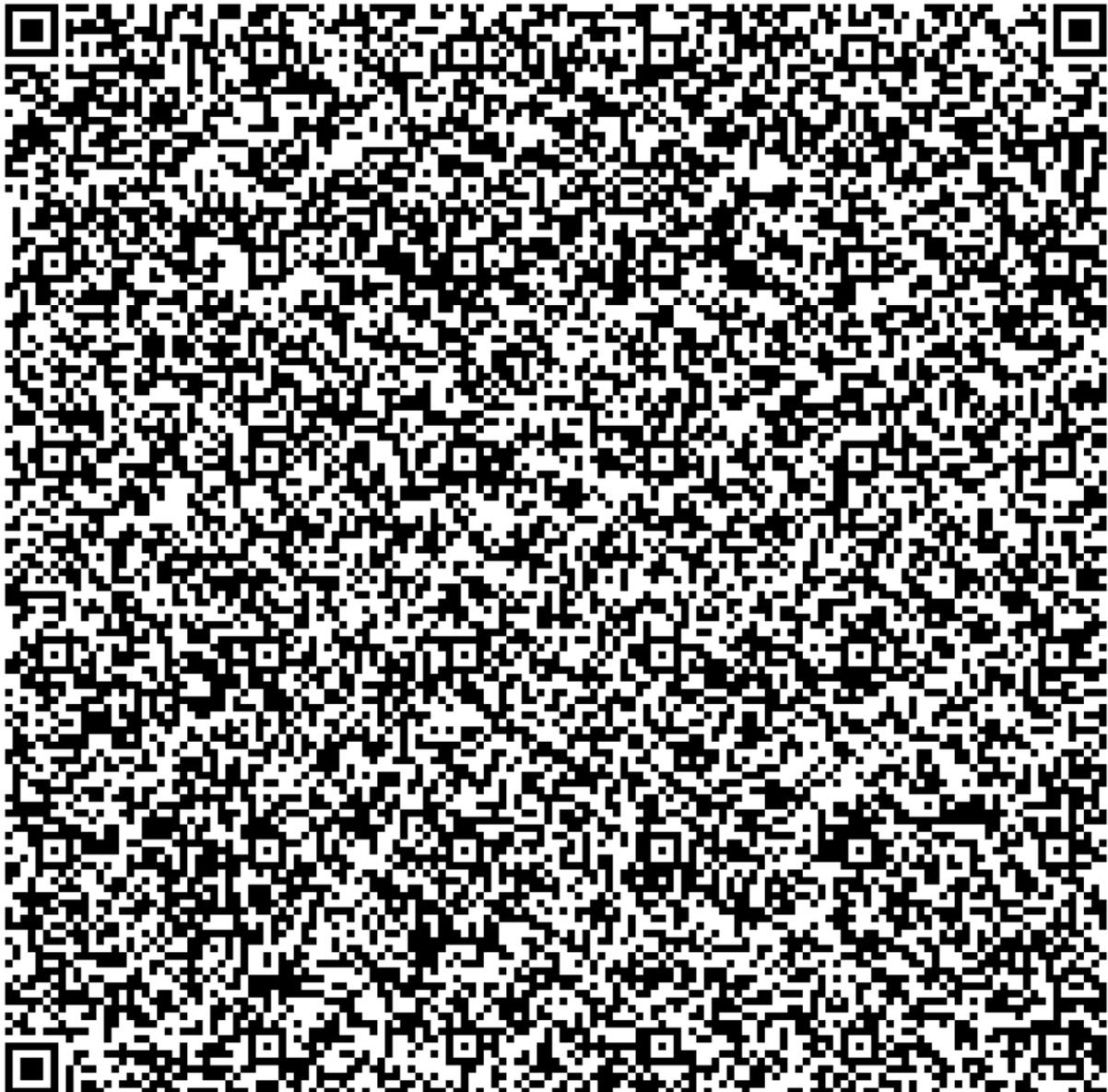


Figure 21: QRcode

Data retrieval was successful for 4 of the 5 tested models of smartphones, of which 1 model retrieved the data through the native camera application, and 3 through different non-native QR Code scanning free applications.

We also generated a smaller QR Code with an URL link to the JSON schema [Figure 22](#).



Figure 22: QR Code embedding the URL to the JSON schema

Access to the data model through the embedded URL was successful for all tested models of smartphones.

4 Discussion

4.1 Comparison with other articles

We developed a reproducible methodology, beginning with a literature review, which permitted to extract a list of relevant fields, in accordance with the guidelines, after validation and optimization by nuclear doctor and GP. This literature-driven approach is highly reproducible and valid. Nevertheless, this approach might need further refinements based on practitioners' needs.

Although our standard report shares a lot of common point with the standard report used in Lille university hospital center (appendix 1), its standardized structure makes it reproducible for any Tc99m renal scintigraphy, not only in the PUJO.

Concerning visualization, patients report that they trust the surgeon in case of surgery for PUJO even if they don't understand[87], others studies show that pictographs are the best format for communicating information to patients in shared decision making[117] and could simplify medical information for the patient.

We decided to keep the usual anatomical representation as seen from the front (the left is figured on the right side of the graphical representation) rather than the usual view of scintigraphy as seen from behind (the left is usually figured on the left of the scintigraphic view).

The users become more and more interested in their health, most of the time the information is delivered in paper which is not easy for data management, QR code could be a secure and convenient method for health data transferring[118].

4.2 Limits

We only submitted our standard report to a single nuclear doctor, a group of GPs, and a pediatric urologist. It is hard for physician to give some of their time, for us having a

single expert for the nuclear imaging validation step allowed faster work, communication and validation without having to wait for a larger group consensus. It may have limited our capacity to include more relevant fields.

Our methodological choice might involve a selection bias due to their personal practice but the great similarity to the literature report and from practice lessen the bias. Also, our proposition of data model will be modified by the users' feedback.

For the "GP validation", the goal was to detect specific items that would be useful for the GPs' daily practice, which may differ from those needed by nuclear doctor, and/or from pediatric urologists.

Since DTPA renal scan is not a routine exam in daily general medicine practice, one could argue that involving GP in the design of a report isn't mandatory. On the contrary, we believe that because it's not a common exam, it is important to involve GPs, and adapt the report for general practitioners whose daily practice is not limited to pediatric urology and nuclear medicine exam.

The indication to realize a DTPA scintigraphy differs from the North American guidelines (NA) and European societies (EANM and SNMI) and the management of the UPJO differs from one center to another, so we only submitted our items' list to a pediatric urologist from our university hospital.

Also many center use MAG-3 renal scan for the assessment of their UPJO patients, rather than DTPA. The choice of the tracer differs from one center to another. Since these tracers have different pathway, the interpretation also differs. For that reason, our data model is not exactly adapted to the content of the report of a MAG-3 renal scan for UPJO. If our data model becomes accepted for producing report of DTPA renal scan, we might implement it with items mandatory for MAG-3 renal scan report.

Finally, our work is still in a concept phase, and has no implementation so far. Hence we did not submit our work to the patient, neither to a nuclear medicine physician for production of a report.

4.3 Perspectives

The report schematization is one of the keys to improve patients' understanding of the medical report. Some physician use written schema to simplify medical communication to their patient. This practice is time consuming and not performed systematically by the physician, unfortunately for the patient.

We propose an automatically generated 2D mockup, from a baseline schema adjusted according to predefined variable. This point is been exploited by a team of developers. After this step the results will be submitted to the patients for evaluation.

Using a QR code is a secure and convenient method for electronic health data transferring between the healthcare organizations and the patients, this goes with the increasing of health awareness of the patient and the computerization of the health[119].

In a future nearby, we hope to be able to produce a tool, used by nuclear physician in the UPJO. The form will automatically generate a ready-to-print report, containing:

- an automatic text-report,
- an explanatory diagram of the results,
- a QR code containing the structured data of the report ready to be integrated,

- and another QR code with the JSON Schema to allow integration of the encoded data.

This workflow is shown in [Figure 23](#).

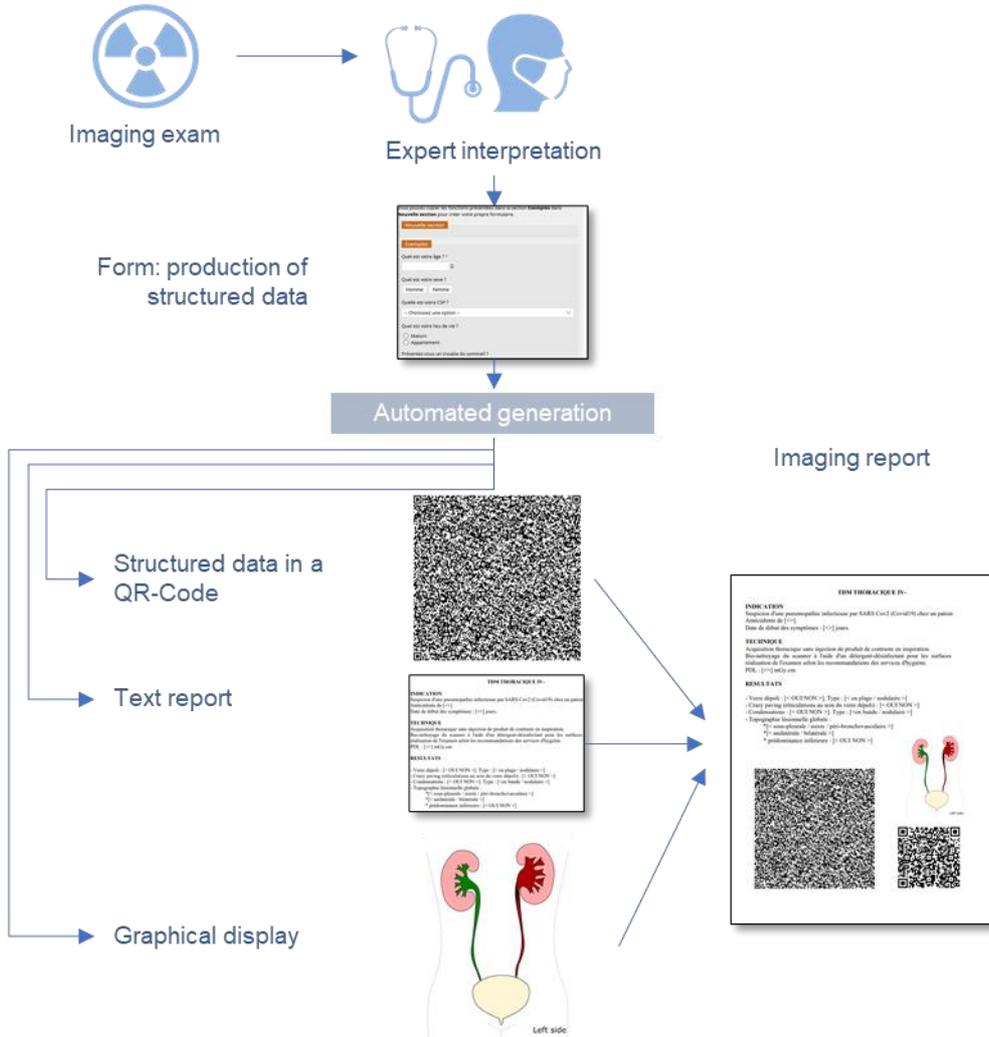


Figure 23: Target workflow

Discussion en Français

1 Comparaison à la littérature

Nous avons développé une méthode reproductible, en commençant par une revue de la littérature centrée sur la scintigraphie rénale au DTPA dans le syndrome de la jonction pyélo-urétérale de l'enfant. Cela a permis d'extraire une liste de champs pertinents dans ce domaine, en accord avec les recommandations, puis cette liste a été optimisée après l'avis d'un médecin nucléaire et de médecins généralistes. Cette approche basée sur une revue de littérature est hautement reproductible. Néanmoins cette approche n'exclue pas des modifications futures, prenant en compte les besoins des différents utilisateurs.

Bien que notre compte-rendu standard partage des caractéristiques communes avec le compte-rendu standard utilisé au CHU de Lille (Annexe 1), sa construction standardisée le rend utilisable pour toutes les scintigraphies rénales au DTPA et pas uniquement pour le suivi des syndromes de jonction pyélo-urétérale.

Concernant la visualisation, les patients rapportent qu'en cas d'incompréhension ils se fient à l'avis du chirurgien pour prendre la décision d'opérer ou non un syndrome de jonction pyélo-urétérale [87], d'autres études ont mis en évidence que l'utilisation de graphiques ou de schémas représente le meilleur moyen d'expliquer une information médicale à un patient et ainsi de le faire participer à la décision médicale partagée [117].

Nous avons décidé de garder la représentation anatomique habituelle vue de face (la gauche étant représentée du côté droit sur la représentation graphique) plutôt qu'une représentation vue habituellement de dos (la gauche est représentée à gauche de la vue scintigraphique).

Les patients deviennent de plus en plus intéressés par leur santé. Le document papier reste le moyen de transmission de l'information dominant, ce qui complique le traitement et l'intégration automatisé des données, notamment des données structurées. Une étude sur la transmission de données par QR code met en évidence que cette méthode pourrait être une façon pratique et sécurisée de transmettre les données de santé[118].

2 Forces et limites de l'étude

Nous n'avons soumis notre compte-rendu type qu'à un seul médecin nucléaire, un groupe de médecins généralistes et un urologue pédiatre. Le temps médical étant précieux, avoir l'avis d'un seul médecin nucléaire pour l'étape de validation des champs nécessaires à l'examen a permis une communication et validation plus rapide sans l'inconvénient de l'inertie d'un consensus d'un groupe plus important. Cela a peut-être limité notre capacité à inclure plus d'items à notre compte-rendu.

Concernant la validation par les médecins généralistes, le but était de détecter les items spécifiques qui pourraient être utiles à leur pratique quotidienne, ceux-ci pouvant

différer de des items nécessaires pour les médecins nucléaires et/ou des urologues pédiatres.

La scintigraphie rénale n'est pas un examen de routine en médecine générale, aussi le fait d'inclure des médecins généralistes dans la définition de ce compte-rendu pourrait ne pas sembler pertinent. De notre point de vue, nous pensons que c'est justement car la scintigraphie n'est pas un examen de routine en médecine de ville, qu'il est important d'inclure les médecins généralistes dans un travail de ce type, et d'adapter le compte-rendu à leur pratique quotidienne.

Notre choix de méthodologie peut impliquer certains biais de sélection secondaires aux pratiques personnelles de chaque médecin, mais les similarités retrouvées dans la littérature semblent réduire ce biais. D'autre part, notre schématisation de modèle de données est destinée à être modifiée en fonction des commentaires des utilisateurs futurs.

Les indications pour réaliser une scintigraphie rénale au DTPA diffèrent en fonction des pays et de même, la prise en charge du syndrome de jonction pyélo-urétérale diffère d'un centre à un autre. Dans notre travail, nous avons soumis la liste des différents items uniquement à un médecin nucléaire, et un urologue pédiatre de notre centre hospitalo-universitaire.

D'autres centres utilisent la scintigraphie rénale au MAG-3 pour l'évaluation du syndrome de jonction pyélo-urétérale plutôt que le DTPA. Le choix du traceur varie d'un centre à l'autre. Ces deux traceurs ont des caractéristiques différentes et diffèrent ainsi dans leur interprétation. Pour cette raison que notre modèle de compte-rendu n'est pas adapté à la scintigraphie au MAG-3 dans le syndrome de la jonction pyélo-urétérale. Si notre modèle est validé pour l'élaboration de compte-rendu de scintigraphie rénale au DTPA, nous pourrions imaginer faire quelques ajustements pour l'adapter aux scintigraphies rénales au MAG-3.

Enfin, notre travail étant encore en phase de preuve de concept, il n'est pas implémenté ni testé pour le moment. Nous ne l'avons soumis ni aux patients, ni au médecin nucléaire pour la production de compte-rendu.

3 Perspectives

La schématisation est une des clés pour améliorer la compréhension des comptes-rendus médicaux par le patient. Certains médecins utilisent des schémas pour expliquer et simplifier les explications médicales à leurs patients. Malheureusement cette pratique est chronophage et par conséquent n'est pas systématiquement utilisée.

Nous avons proposé une schématisation en deux dimensions, à partir d'un schéma de base modifié par des variables prédéfinies, généré de façon automatique. Cette partie est actuellement exploitée par un groupe de développeurs. Après cette étape les résultats seront soumis aux patients pour une dernière évaluation.

L'utilisation d'un QR code est une façon sécurisée et pratique pour transférer des données de santé entre les patients et les professionnels de santé. Ce mode de transmission s'allie parfaitement avec la prise de conscience des patients de leur état de santé et l'informatisation de la santé en générale.

Dans un futur proche, nous espérons être capables de produire un outil utilisé par les médecins nucléaires dans le syndrome de jonction pyélo-urétérale. Le formulaire

produira automatiquement le compte-rendu prêt à être imprimé, dans lequel les résultats rédigés de façon automatique, un schéma explicatif sur une feuille séparée et deux QR codes seront contenus, le premier contenant les données structurées pour une intégration future et le second contenant le schéma JSON pour la validation afin de permettre l'intégration de données structurées.

Ce projet de travail est illustré dans la **Figure 24**.

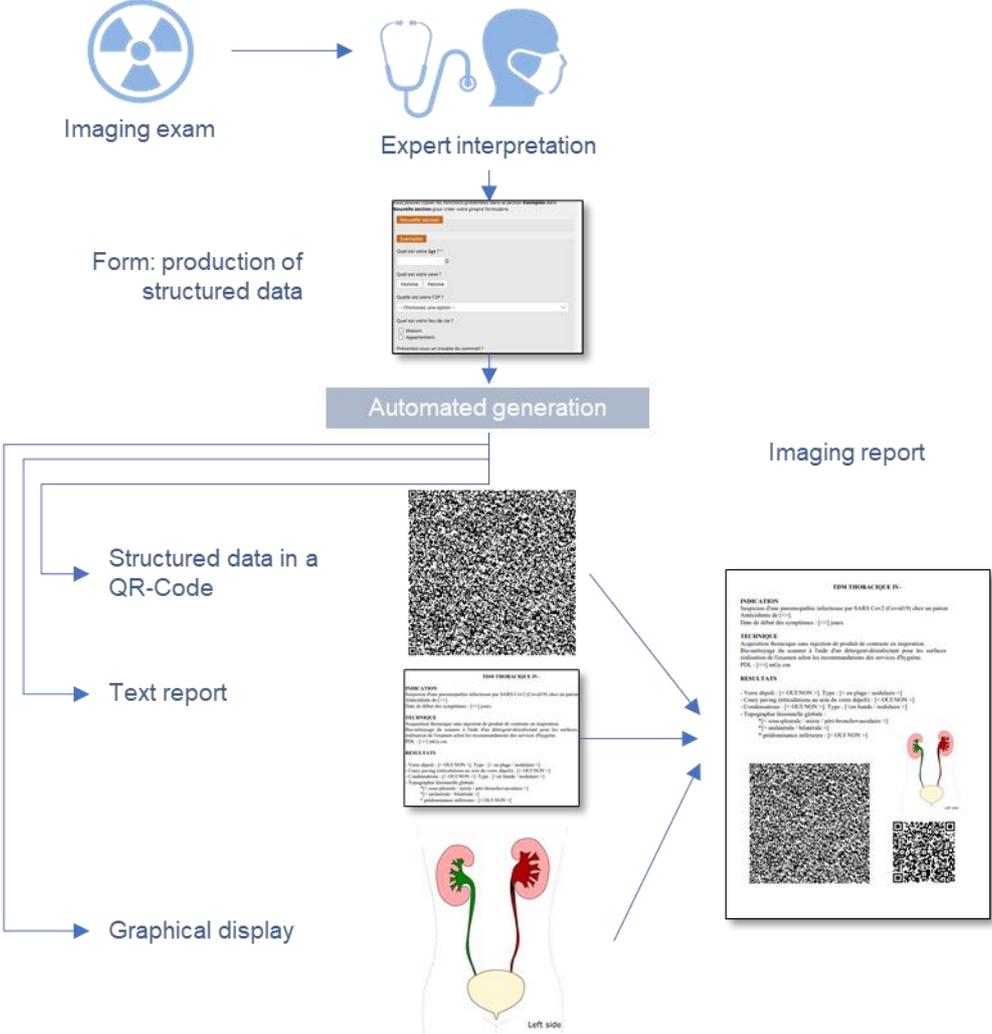


Figure 24: Modèle cible visé par notre travail

Liste des tables

table 1: Definition of keywords.....	35
table 2: Frequently reported outcomes, in clinical studies.....	38
table 3: Detailed description of the selected fields.....	40
table 4: Correspondence between anatomical variation and representation	48

Liste des figures

Figure 1:Anatomie rénale d'après [4].....	10
Figure 2:Architecture interne du rein d'après [2].....	11
Figure 3: Le néphron, unité fonctionnelle du rein [1].....	12
Figure 4: Formule de Cockcroft & Gault [6]	13
Figure 5: Algorithme de l'attitude postnatale en imagerie de nouveaux nés avec des pyélectasies[16]	18
Figure 6: Syndrome de jonction pyélo-urétérale[24]	19
Figure 7: classification du RVU[27].....	20
Figure 8: dose absorbée par unité d'activité administrée ($\mu\text{Gy}/\text{MBq}$) [71].....	26
Figure 9:Schéma des différents types de prise de décision [87].....	29
Figure 10 Research formula used regarding DTPA renal scan reports.....	35
Figure 11: UML Diagram	42
Figure 12: first lines of the JSON schema	43
Figure 13:example of YAML file	44
Figure 14: example textual report.....	45
Figure 15: Normal urinary tract (left), PUJ on the left kidney (right)	46
Figure 16 : Caliceal stasis (left), Pelvicalyceal (middle) or uretero pelvicalyceal (right), normal green right kidney, abnormal red left kidney.	46
Figure 17: Cortical Transit Time : normal (green), abnormal (red)	47
Figure 18 : Differential renal function<40%.....	47
Figure 19 : Normal renal function, normal stasis, cortical transit time normal, kidney normal.....	48
Figure 20 : Drawing parameters	49
Figure 21: QRcode.....	50
Figure 22: QR Code embedding the URL to the JSON schema	51
Figure 23: Target workflow	53
Figure 24: Modèle cible visé par notre travail	56

Références

- [1] Gray H. Anatomy of the human body. *Ann Surg* 1918;68:564–6.
- [2] Netter FH, SCOTT J, others. Atlas d'anatomie humaine. Elsevier Health Sciences; 2019.
- [3] Schreuder MF. Life with one kidney. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2018;33:595–604. <https://doi.org/10.1007/s00467-017-3686-4>.
- [4] Anatomie et rôle des reins | Néphrologie Tonkin Bayard n.d. <https://www.nephrologie-lyon.com/anatomie-et-role-des-reins.html> (accessed March 6, 2020).
- [5] Leaf A. Maintenance of Concentration Gradients and Regulation of Cell Volume. *Ann N Y Acad Sci* 1959;72:396–404. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1959.tb44168.x>.
- [6] Fernandez-Prado R, Castillo-Rodriguez E, Velez-Arribas FJ, Gracia-Iguacel C, Ortiz A. Creatinine Clearance Is Not Equal to Glomerular Filtration Rate and Cockcroft-Gault Equation Is Not Equal to CKD-EPI Collaboration Equation. *Am J Med* 2016;129:1259–63. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2016.08.019>.
- [7] N D, Tr M, Lk S. Gout. *Lancet Lond Engl* 2016;388. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00346-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00346-9).
- [8] Jp HE, R T, Am G. [Estimation of Glomerular Filtration Rate With Creatinine]. *Rev Med Chil* 2018;146. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872018000300344>.
- [9] G C. Jaundice: An Excess of Bilirubin. *Nurs N Z Wellingt NZ* 1995 2013;19. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23539983/?from_term=bilirubin+jaundice&from_pos=4 (accessed May 28, 2020).
- [10] Ajmi S, Ben Ali K, Guezguez M, Sfar R, Nouria M. Captopril renography as a prognostic factor in obstructive hydronephrosis with preserved renal function. *Rev Esp Med Nucl* 2010;29:20–4. <https://doi.org/10.1016/j.remn.2009.09.004>.
- [11] G J. Expanding Role for Vitamin D in Chronic Kidney Disease: Importance of Blood 25-OH-D Levels and Extra-Renal 1alpha-hydroxylase in the Classical and Nonclassical Actions of 1alpha,25-dihydroxyvitamin D(3). *Semin Dial* 2007;20. <https://doi.org/10.1111/j.1525-139X.2007.00302.x>.
- [12] Mf H, Nc B, Ha B-F, Cm G, Da H, Rp H, et al. Evaluation, Treatment, and Prevention of Vitamin D Deficiency: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab* 2011;96. <https://doi.org/10.1210/jc.2011-0385>.
- [13] E K, A G, J B, Kd B, L B, Jb C. [Erythropoietin: Indications and Measurement]. *Ann Biol Clin (Paris)* 2009;67. <https://doi.org/10.1684/abc.2009.0356>.
- [14] Stocks A, Richards D, Frentzen B, Richard G. Correlation of prenatal renal pelvic anteroposterior diameter with outcome in infancy. *J Urol* 1996;155:1050–2.
- [15] Chitty LS, Altman DG. Charts of fetal size: kidney and renal pelvis measurements. *Prenat Diagn* 2003;23:891–7. <https://doi.org/10.1002/pd.693>.
- [16] Cassart M. Mise au point postnatale des dilatations des voies urinaires de diagnostic anténatal. </data/revues/02210363/v92i2/S0221036310000272/> 2011.

- [17] Solar BT, Smeulders N, Easty M, Biassoni L. Nuclear Medicine in Pediatric Nephro-Urology: An Overview. *Semin Nucl Med* 2017;47:204–28. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2016.12.002>.
- [18] Riccabona M. *Pediatric Urogenital Radiology*. Springer; 2018.
- [19] (PDF) Can careful ultrasound examination of the urinary tract exclude vesicoureteric reflux in the neonate? ResearchGate n.d. <http://dx.doi.org/10.1259/bjr.70.838.9404197>.
- [20] Arteaga MV, Caballero VM, Rengifo KM. Dosimetry of ^{99m}Tc (DTPA, DMSA and MAG3) used in renal function studies of newborns and children. *Appl Radiat Isot Data Instrum Methods Use Agric Ind Med* 2018;138:25–8. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.07.054>.
- [21] Haciosmanoglu T, Karacalioglu AO, Eyiletten T, Ince S, Arslan N. A different scintigraphic approach to evaluate the glomerular filtration rate. *Rev Espanola Med Nucl E Imagen Mol* 2017;36:275–84. <https://doi.org/10.1016/j.remn.2017.01.015>.
- [22] Hothi DK, Wade AS, Gilbert R, Winyard PJD. Mild Fetal Renal Pelvis Dilatation—Much Ado About Nothing? *Clin J Am Soc Nephrol CJASN* 2009;4:168–77. <https://doi.org/10.2215/CJN.00810208>.
- [23] Kohno M, Ogawa T, Kojima Y, Sakoda A, Johnin K, Sugita Y, et al. Pediatric congenital hydronephrosis (ureteropelvic junction obstruction): Medical management guide. *Int J Urol Off J Jpn Urol Assoc* 2020. <https://doi.org/10.1111/iju.14207>.
- [24] Mårild S, Jodal U. Incidence rate of first-time symptomatic urinary tract infection in children under 6 years of age. *Acta Paediatr Oslo Nor* 1992 1998;87:549–52. <https://doi.org/10.1080/08035259850158272>.
- [25] Piepsz A. Antenatal detection of pelviureteric junction stenosis: main controversies. *Semin Nucl Med* 2011;41:11–9. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2010.07.008>.
- [26] Sargent MA. What is the normal prevalence of vesicoureteral reflux? *Pediatr Radiol* 2000;30:587–93. <https://doi.org/10.1007/s002470000263>.
- [27] Medical versus surgical treatment of primary vesicoureteral reflux: report of the International Reflux Study Committee. *Pediatrics* 1981;67:392–400.
- [28] Dubos F, Raymond J. [Febrile urinary tract infection in infants: diagnostic strategy]. *Arch Pediatr Organe Off Soc Francaise Pediatr* 2012;19 Suppl 3:S101-108. [https://doi.org/10.1016/S0929-693X\(12\)71282-4](https://doi.org/10.1016/S0929-693X(12)71282-4).
- [29] Glissmeyer EW, Korgenski EK, Wilkes J, Schunk JE, Sheng X, Blaschke AJ, et al. Dipstick screening for urinary tract infection in febrile infants. *Pediatrics* 2014;133:e1121-1127. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3291>.
- [30] Subcommittee on Urinary Tract Infection, Steering Committee on Quality Improvement and Management, Roberts KB. Urinary tract infection: clinical practice guideline for the diagnosis and management of the initial UTI in febrile infants and children 2 to 24 months. *Pediatrics* 2011;128:595–610. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-1330>.
- [31] Minodier P, Bréaud J, Bérard E. [E. coli acute pyelonephritis: prophylaxis]. *Arch Pediatr Organe Off Soc Francaise Pediatr* 2012;19 Suppl 3:S117-123. [https://doi.org/10.1016/S0929-693X\(12\)71284-8](https://doi.org/10.1016/S0929-693X(12)71284-8).
- [32] Smellie JM, Normand ICS, Katz G. Children with urinary infection: A comparison of those with and those without vesicoureteric reflux. *Kidney Int* 1981;20:717–22. <https://doi.org/10.1038/ki.1981.201>.

- [33] Diaporamas des recommandations sur l'usage des antibiotiques n.d. <https://www.infectiologie.com/fr/diaporamas-recommandations.html> (accessed March 12, 2020).
- [34] RIVUR Trial Investigators, Hoberman A, Greenfield SP, Mattoo TK, Keren R, Mathews R, et al. Antimicrobial prophylaxis for children with vesicoureteral reflux. *N Engl J Med* 2014;370:2367–76. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1401811>.
- [35] Sj H, B P, G M, A A. Posterior Urethral Valves. *ScientificWorldJournal* 2009;9. <https://doi.org/10.1100/tsw.2009.127>.
- [36] P LP, Mj MU, E J. Initial and Long-Term Management of Posterior Urethral Valves. *World J Urol* 2004;22. <https://doi.org/10.1007/s00345-004-0460-6>.
- [37] P Y, M H. Current Trends in the Management of Posterior Urethral Valves in the Pediatric Population. *Urology* 2002;60. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(02\)01621-7](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(02)01621-7).
- [38] D L, Rk M, Md K. Fetal Lower Urinary Tract Obstruction. *Semin Fetal Neonatal Med* 2007;12. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2007.06.005>.
- [39] Hh Y, Wa F, Jc B. Congenital Obstruction of the Posterior Urethra. *J Urol*, 3: 289-365, 1919. *J Urol* 2002;167. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11743334/> (accessed May 31, 2020).
- [40] S A. Urethral Valves. *BJU Int* 1999;84. <https://doi.org/10.1046/j.1464-410x.1999.00307.x>.
- [41] B H, J T, L L, Tpv m de J, J O. Is There a Need for Endoscopic Evaluation in Symptomatic Boys With an Unsuspecting Urethra on VCUG? A Consideration of Secondary Radiologic Signs of Posterior Urethral Valves. *World J Urol* 2020. <https://doi.org/10.1007/s00345-020-03175-2>.
- [42] Bl W, Lc H, Ts T, Jr W. Prognostic Features in Infants With Obstructive Uropathy Due to Posterior Urethral Valves. *J Urol* 1985;133. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)48899-9](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)48899-9).
- [43] Sa K, Kh M, Vr J. The Valve Bladder Syndrome: Pathophysiology and Treatment With Nocturnal Bladder Emptying. *J Urol* 2002;167. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(05\)65453-5](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(05)65453-5).
- [44] Pereira PL, Espinosa L, Urrutina MJM, Lobato R, Navarro M, Jaureguizar E. Posterior urethral valves: prognostic factors. *BJU Int* 2003;91:687–90. <https://doi.org/10.1046/j.1464-410X.2003.04178.x>.
- [45] E M, P S. Primary Non-Refluxing Megaureters. *J Pediatr Urol* 2005;1. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2005.04.007>.
- [46] N Y. [Diagnostic Management of Primary Megaureter: Voiding Cystourethrography Obligatory, Scintigraphy Useful?]. *Urol Aug A* 2020;59. <https://doi.org/10.1007/s00120-020-01119-7>.
- [47] Aa S, Rj N. Primary Megaureter: Current Trends in Diagnosis and Treatment. *BJU Int* 2000;86. <https://doi.org/10.1046/j.1464-410x.2000.00922.x>.
- [48] R R, S H. Resolution of Primary Non-Refluxing Megaureter: An Observational Study. *J Pediatr Surg* 2013;48. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2012.11.017>.
- [49] Arena S, Magno C, Montalto AS, Russo T, Mami C, Baldari S, et al. Long-term follow-up of neonatally diagnosed primary megaureter: Rate and predictors of spontaneous

resolution. Scand J Urol Nephrol 2012;46:201–7.
<https://doi.org/10.3109/00365599.2012.662695>.

- [50] Ht N, Cd H, C C, J G, A K, P K, et al. The Society for Fetal Urology Consensus Statement on the Evaluation and Management of Antenatal Hydronephrosis. *J Pediatr Urol* 2010;6. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2010.02.205>.
- [51] Piepsz A, Colarinha P, Gordon I, Hahn K, Olivier P, Roca I, et al. Guidelines for ^{99m}Tc-DMSA scintigraphy in children. *Eur J Nucl Med* 2001;28:BP37-41.
- [52] Mandell GA, Eggli DF, Gilday DL, Heyman S, Leonard JC, Miller JH, et al. Procedure guideline for renal cortical scintigraphy in children. Society of Nuclear Medicine. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med* 1997;38:1644–6.
- [53] Weyer K, Nielsen R, Petersen SV, Christensen EI, Rehling M, Birn H. Renal uptake of ^{99m}Tc-dimercaptosuccinic acid is dependent on normal proximal tubule receptor-mediated endocytosis. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med* 2013;54:159–65. <https://doi.org/10.2967/jnumed.112.110528>.
- [54] Taylor AT. Radionuclides in nephrourology, part 1: Radiopharmaceuticals, quality control, and quantitative indices. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med* 2014;55:608–15. <https://doi.org/10.2967/jnumed.113.133447>.
- [55] Sheehy N, Tetrault TA, Zurakowski D, Vija AH, Fahey FH, Treves ST. Pediatric ^{99m}Tc-DMSA SPECT performed by using iterative reconstruction with isotropic resolution recovery: improved image quality and reduced radiopharmaceutical activity. *Radiology* 2009;251:511–6. <https://doi.org/10.1148/radiol.2512081440>.
- [56] Biassoni L. Pitfalls and Limitations of Radionuclide Renal Imaging in Pediatrics. *Semin Nucl Med* 2015;45:411–27. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2015.04.001>.
- [57] Gordon I, Piepsz A, Sixt R, Auspices of Paediatric Committee of European Association of Nuclear Medicine. Guidelines for standard and diuretic renogram in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2011;38:1175–88. <https://doi.org/10.1007/s00259-011-1811-3>.
- [58] At T, Md B, D DP, Ev D, B E, A E-J, et al. Guidance Document for Structured Reporting of Diuresis Renography. *Semin Nucl Med* 2012;42. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2010.12.006>.
- [59] A P, P C, Gf G, G G, Ej F, K I, et al. Consensus Report on Quality Control of Quantitative Measurements of Renal Function Obtained From the Renogram: International Consensus Committee From the Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology. *Semin Nucl Med* 1999;29. [https://doi.org/10.1016/s0001-2998\(99\)80005-1](https://doi.org/10.1016/s0001-2998(99)80005-1).
- [60] E D, Md B, Ke B, O C, P C, E F, et al. International Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology (ISCORN) Consensus on Renal Transit Time Measurements. *Semin Nucl Med* 2008;38. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2007.09.009>.
- [61] N S, Y K, K K, N I, H E. Transport of ^{99m}Tc-MAG3 via Rat Renal Organic Anion Transporter 1. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med* 2004;45. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14734677/> (accessed May 22, 2020).
- [62] B B, W B, E W, T K, N P, P G. Pharmacokinetics of technetium-^{99m}-MAG3 in Humans. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med* 1990;31. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2143528/> (accessed May 22, 2020).

- [63] De Palma D. SNMMI and EANM guidelines for diuretic renography in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014;41:2356–2356. <https://doi.org/10.1007/s00259-014-2916-2>.
- [64] Fd G, Mj G, La D, St T, Fh F. Radiation Doses for Pediatric Nuclear Medicine Studies: Comparing the North American Consensus Guidelines and the Pediatric Dosage Card of the European Association of Nuclear Medicine. *Pediatr Radiol* 2015;45. <https://doi.org/10.1007/s00247-014-3211-x>.
- [65] M L, L B, M M, C F, F J. The New EANM Paediatric Dosage Card. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007;34. <https://doi.org/10.1007/s00259-007-0370-0>.
- [66] T S, I G. An Update of Radiopharmaceutical Schedules in Children. *Nucl Med Commun* 1998;19. <https://doi.org/10.1097/00006231-199811000-00002>.
- [67] Rahman RA, Bhatnagar V, Agarwala S, Kumar R. Estimation of Renal Functional Reserve in Children with Different Grades of Vesicoureteric Reflux. *J Indian Assoc Pediatr Surg* 2018;23:74–80. https://doi.org/10.4103/jiaps.JIAPS_213_17.
- [68] Majd M, Bar-Sever Z, Santos AI, De Palma D. The SNMMI and EANM Procedural Guidelines for Diuresis Renography in Infants and Children. *J Nucl Med* 2018;59:1636–40. <https://doi.org/10.2967/jnumed.118.215921>.
- [69] Riccabona M, Avni FE, Blickman JG, Dacher J-N, Darge K, Lobo ML, et al. Imaging recommendations in paediatric urology: minutes of the ESPR workgroup session on urinary tract infection, fetal hydronephrosis, urinary tract ultrasonography and voiding cystourethrography, Barcelona, Spain, June 2007. *Pediatr Radiol* 2008;38:138–45. <https://doi.org/10.1007/s00247-007-0695-7>.
- [70] Yazici B, Bulut IK, Oral A, Sezer TO, Taner S, Akgün A. Early predictive value of baseline renal transplant scintigraphy in pediatric patients. *Nucl Med Commun* 2018;39:901–7. <https://doi.org/10.1097/MNM.0000000000000892>.
- [71] Pintelon H, Jonckheer MH, Piepsz A. Paediatric nuclear medicine procedures: routine sedation or management of anxiety? *Nucl Med Commun* 1994;15:664–6. <https://doi.org/10.1097/00006231-199408000-00012>.
- [72] IV. REALISATION DE L'EXAMEN - Page 5 n.d. <https://www.sfmn.org/index.php/la-societe/guides-et-recommandations/69-societe/guides-et-recommandations/guides-des-procedures/examens-diagnostiques/195-la-scintigraphie-renale-en-pediatrie?start=4> (accessed June 26, 2020).
- [73] Middleton GW, Thomson WH, Davies IH, Morgan A. A multiple regression analysis for accurate background subtraction in ⁹⁹Tcm-DTPA renography. *Nucl Med Commun* 1989;10:315–24. <https://doi.org/10.1097/00006231-198905000-00002>.
- [74] Dhillon HK. Prenatally diagnosed hydronephrosis: the Great Ormond Street experience. *Br J Urol* 1998;81 Suppl 2:39–44. <https://doi.org/10.1046/j.1464-410x.1998.0810s2039.x>.
- [75] Ulman I, Jayanthi VR, Koff SA. The long-term followup of newborns with severe unilateral hydronephrosis initially treated nonoperatively. *J Urol* 2000;164:1101–5. <https://doi.org/10.1097/00005392-200009020-00046>.
- [76] Prigent A, Piepsz A. Functional imaging in nephro-urology. CRC Press; 2006.
- [77] Lythgoe MF, Gordon I, Khader Z, Smith T, Anderson PJ. Assessment of various parameters in the estimation of differential renal function using technetium-99m mercaptoacetyl triglycine. *Eur J Nucl Med* 1999;26:155–62. <https://doi.org/10.1007/s002590050372>.

- [78] Inoue Y, Machida K, Honda N, Takahashi T, Mamiya T. Background correction in estimating initial renal uptake. Comparison between Tc-99m MAG3 and Tc-99m DTPA. *Clin Nucl Med* 1994;19:1049–54. <https://doi.org/10.1097/00003072-199419120-00002>.
- [79] Gordon I, Anderson PJ, Lythgoe MF, Orton M. Can technetium-99m-mercaptoacetyltriglycine replace technetium-99m-dimercaptosuccinic acid in the exclusion of a focal renal defect? *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med* 1992;33:2090–3.
- [80] Lythgoe MF, Gradwell MJ, Evans K, Gordon I. Estimation and relevance of depth correction in paediatric renal studies. *Eur J Nucl Med* 1998;25:115–9. <https://doi.org/10.1007/s002590050202>.
- [81] The robustness of the Patlak-Rutland slope for the determination of split renal function. - Abstract - Europe PMC n.d. <http://europepmc.org/article/med/8895911> (accessed July 7, 2020).
- [82] Rossleigh MA, Leighton DM, Farnsworth RH. Diuresis renography. The need for an additional view after gravity-assisted drainage. *Clin Nucl Med* 1993;18:210–3.
- [83] Koff SA, Campbell KD. The nonoperative management of unilateral neonatal hydronephrosis: natural history of poorly functioning kidneys. *J Urol* 1994;152:593–5. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)32658-7](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)32658-7).
- [84] Lewin SA, Skea ZC, Entwistle V, Zwarenstein M, Dick J. Interventions for providers to promote a patient-centred approach in clinical consultations. *Cochrane Database Syst Rev* 2001:CD003267. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003267>.
- [85] Sandman L, Munthe C. Shared decision making, paternalism and patient choice. *Health Care Anal HCA J Health Philos Policy* 2010;18:60–84. <https://doi.org/10.1007/s10728-008-0108-6>.
- [86] Code de la santé publique - Article R4127-35. vol. R4127-35. n.d.
- [87] Vemulakonda VM, Hamer MK, Kempe A, Morris MA. Surgical decision-making in infants with suspected UPJ obstruction: stakeholder perspectives. *J Pediatr Urol* 2019;15:469.e1-469.e9. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2019.05.027>.
- [88] Oshima Lee E, Emanuel EJ. Shared decision making to improve care and reduce costs. *N Engl J Med* 2013;368:6–8. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1209500>.
- [89] Charles C, Gafni A, Whelan T. Decision-making in the physician-patient encounter: revisiting the shared treatment decision-making model. *Soc Sci Med* 1999;49:651–61. [https://doi.org/10.1016/s0277-9536\(99\)00145-8](https://doi.org/10.1016/s0277-9536(99)00145-8).
- [90] Coomber P, Clavarino A, Ballard E, Luetsch K. Doctor-pharmacist communication in hospitals: strategies, perceptions, limitations and opportunities. *Int J Clin Pharm* 2018;40:464–73. <https://doi.org/10.1007/s11096-018-0592-1>.
- [91] Finch J. Interprofessional education and teamworking: a view from the education providers. *BMJ* 2000;321:1138–40.
- [92] Åström K, Duggan C, Bates I. Developing a way to improve communication between healthcare professionals in secondary care. *Pharm Educ* 2007;7.
- [93] recommandations_-
_delivrance_de_linformation_a_la_personne_sur_son_etat_de_sante.pdf n.d.
https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-06/recommandations_-delivrance_de_linformation_a_la_personne_sur_son_etat_de_sante.pdf (accessed September 4, 2020).

- [94] Johnson AJ, Easterling D, Williams LS, Glover S, Frankel RM. Insight from patients for radiologists: improving our reporting systems. *J Am Coll Radiol JACR* 2009;6:786–94. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2009.07.010>.
- [95] Code de la santé publique - Article R4127-35. vol. R4127-35. n.d.
- [96] Wynia MK, Osborn CY. Health Literacy and Communication Quality in Health Care Organizations. *J Health Commun* 2010;15:102–15. <https://doi.org/10.1080/10810730.2010.499981>.
- [97] Article 64 - Exercice collégial. Cons Natl Ordre Médecins 2019. <https://www.conseil-national.medecin.fr/code-deontologie/rapport-medecins-membres-professions-sante-art-56-68-1/article-64-exercice> (accessed September 11, 2020).
- [98] Recommandations générales pour l'élaboration d'un compte-rendu radiologique (CRR). *J Radiol* 2007;88:304–6. [https://doi.org/10.1016/S0221-0363\(07\)89822-2](https://doi.org/10.1016/S0221-0363(07)89822-2).
- [99] Le code de déontologie. Cons Natl Ordre Médecins n.d. <https://www.conseil-national.medecin.fr/code-deontologie> (accessed September 11, 2020).
- [100] Gunn AJ, Gilcrease-Garcia B, Mangano MD, Sahani DV, Boland GW, Choy G. JOURNAL CLUB: Structured Feedback From Patients on Actual Radiology Reports: A Novel Approach to Improve Reporting Practices. *AJR Am J Roentgenol* 2017;208:1262–70. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.17584>.
- [101] Bantug ET, Coles T, Smith KC, Snyder CF, Rouette J, Brundage MD, et al. Graphical displays of patient-reported outcomes (PRO) for use in clinical practice: What makes a pro picture worth a thousand words? *Patient Educ Couns* 2016;99:483–90. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2015.10.027>.
- [102] Lauriot Dit Prevost A, Trencart M, Gaillard V, Bouzille G, Besson R, Sharma D, et al. ICIPEMIR: Improving the Completeness, Interoperability and Patient Explanations of Medical Imaging Reports. *Stud Health Technol Inform* 2021;281:422–6. <https://doi.org/10.3233/SHTI210193>.
- [103] Simal CJR. 99mTc-DTPA Diuretic Renography with 3 hours late output fraction in the evaluation of hydronephrosis in children. *Int Braz J Urol Off J Braz Soc Urol* 2018;44:577–84. <https://doi.org/10.1590/S1677-5538.IBJU.2017.0131>.
- [104] Nguyen HT, Herndon CDA, Cooper C, Gatti J, Kirsch A, Kokorowski P, et al. The Society for Fetal Urology consensus statement on the evaluation and management of antenatal hydronephrosis. *J Pediatr Urol* 2010;6:212–31. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2010.02.205>.
- [105] Dostbil Z, Pembegül N, Küçüköner M. Comparison of split renal function measured by 99mTc-DTPA, 99mTc-MAG3 and 99mTc-DMSA renal scintigraphies in paediatric age groups n.d.:6.
- [106] Kishore SS, Oberoi S, Bhattacharya A, Prasad R, Trehan A, Bansal D, et al. Function and size of the residual kidney after treatment of Wilms tumor. *Pediatr Hematol Oncol* 2015;32:11–7. <https://doi.org/10.3109/08880018.2014.887804>.
- [107] Cho SY, Kim IS, Lee S-B, Choi H, Park K. Nature and fate of supranormal differential renal function: lessons from long-term follow-up after pyeloplasty. *Urology* 2013;81:163–7. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2012.09.017>.
- [108] Kurugol S, Afacan O, Lee RS, Seager CM, Ferguson MA, Stein DR, et al. Prospective pediatric study comparing glomerular filtration rate estimates based on motion-robust

- dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging and serum creatinine (eGFR) to ^{99m}Tc DTPA. *Pediatr Radiol* 2020. <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04617-0>.
- [109] Arena S, Chimenz R, Antonelli E, Peri FM, Romeo P, Impellizzeri P, et al. A long-term follow-up in conservative management of unilateral ureteropelvic junction obstruction with poor drainage and good renal function. *Eur J Pediatr* 2018;177:1761–5. <https://doi.org/10.1007/s00431-018-3239-2>.
- [110] Kato Y, Yamataka A, Okazaki T, Yanai T, Lane GJ, Kobayashi H, et al. Surgical treatment and outcome of mega-hydronephrosis due to pelviureteric junction stenosis. *Pediatr Surg Int* 2006;22:911–3. <https://doi.org/10.1007/s00383-006-1763-z>.
- [111] Ismaili K, Piepsz A. The antenatally detected pelvi-ureteric junction stenosis: advances in renography and strategy of management. *Pediatr Radiol* 2013;43:428–35. <https://doi.org/10.1007/s00247-012-2505-0>.
- [112] Schlotmann A, Clorius JH, Clorius SN. Diuretic renography in hydronephrosis: renal tissue tracer transit predicts functional course and thereby need for surgery. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36:1665–73. <https://doi.org/10.1007/s00259-009-1138-5>.
- [113] Liu M, Fu Z, Li Q, Di L, Zhang J, Fan Y, et al. Delayed renal tissue tracer transit in Tc-^{99m}-DTPA renography correlates with postoperative renal function improvement in UPJO patients. *Nucl Med Commun* 2015;36:833–8. <https://doi.org/10.1097/MNM.0000000000000332>.
- [114] Sarin YK. Is it Always Necessary to Treat an Asymptomatic Hydronephrosis Due to Ureteropelvic Junction Obstruction? *Indian J Pediatr* 2017;84:531–9. <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2346-9>.
- [115] Chertin B, Pollack A, Koulikov D, Rabinowitz R, Hain D, Hadas-Halpren I, et al. Conservative treatment of ureteropelvic junction obstruction in children with antenatal diagnosis of hydronephrosis: lessons learned after 16 years of follow-up. *Eur Urol* 2006;49:734–8. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2006.01.046>.
- [116] Cichocki P, Surma M, Woźnicki W, Bieńkiewicz M, Płachcińska A, Kuśmierk J. Preliminary assessment of interand intraobserver reproducibility, and normative values of renal mean transit time (MTT) and parenchymal transit time (PTT) for ^{99m}Tc-etylenodicysteine. *Nucl Med Rev Cent East Eur* 2015;18:29–34. <https://doi.org/10.5603/NMR.2015.0007>.
- [117] Hawley ST, Zikmund-Fisher B, Ubel P, Jancovic A, Lucas T, Fagerlin A. The impact of the format of graphical presentation on health-related knowledge and treatment choices. *Patient Educ Couns* 2008;73:448–55. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2008.07.023>.
- [118] Mao H, Chi C, Yu J, Yang P, Qian C, Zhao D. QRStream: A Secure and Convenient Method for Text Healthcare Data Transferring. 2019 41st Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBC, Berlin, Germany: IEEE; 2019, p. 3458–62. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856946>.
- [119] Lauriot Dit Prevost A, Bentegeac R, Dequesnes A, Billiau A, Baudelet E, Legleye R, et al. “Re-materialized” medical data: Paper-based transmission of structured medical data using QR-Code, for medical imaging reports. *PRESS* 2021.

Annexe 1

Compte-rendu type CHU Lille.

REIN MAG3 / DTPA

PROTOCOLE	<ul style="list-style-type: none"> - Traceur : MAG3-Tc^{99m} ou DTPA-Tc^{99m} - Activité : 111 MBq - Site d'injection / Heure - +/- LASILIX
RESULTAT	<p><u>Images séquentielles</u></p> <p>Côtés l'un après l'autre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imprégnation parenchymateuse : précoce/retardée ; homogène/hétérogène - Délai de passage pyélocaliciel - Stase au cours et en fin d'acquisition +/- persistance sur les images tardives post-mictionnelles - +/- visualisation de la vessie <p><u>Courbes du néphrogramme</u></p> <p>Côtés l'un après l'autre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pentés des segments vasculaires et de captation : normales / diminuées - Pic d'activité maximal - Segment de vidange : vidange spontanée ou non - Asymétrie d'amplitude des courbes (<i>par asymétrie fonctionnelle ou asymétrie de taille</i>) <p><u>Fonctions relatives</u></p> <p>D'un point de vue quantitatif, le rein droit représente ...% et le rein gauche ...% de la fonction totale.</p> <p>(Temps moyen de transit : DTPA : N < 240 s) ?</p> <p><u>+/- Test au LASILIX</u></p> <p>Du côté de la stase : description et quantification de la réponse au diurétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de réponse - Réponse partielle (vidange de 25-75 %) - Bonne réponse (vidange > 75%)
CONCLUSION	<p>Aspects fonctionnels (normal, retentissement fonctionnel +/- important voire exclusion fonctionnelle)</p> <p>Aspects urodynamiques (normal, stase transitoire, +/- réponse au Lasilix)</p>

Annexe 2

Schéma JSON

```
{
  "$schema": "https://json-schema.org/draft/2019-09/schema#",
  "title": "DTPA Renal Scan Report",
  "type": "object",
  "required": ["patient_first_name", "patient_first_name", "patient_birth",
"conclusion_validation"],
  "properties": {
    "identifier": {
      "type": "string",
      "description": "Patient unique identifier",
      "minLen": 13,
      "maxLen": 13,
      "pattern": "^([0-9aAbB]{13})$"
    },
    "patient_first_name": {
      "type": "string",
      "description": "Patient's first name"
    },
    "patient_name": {
      "type": "string",
      "description": "Patient's name"
    },
    "patient_birth": {
      "type": "string",
      "description": "Date of birth, format yyyy-mm-dd",
      "format": "date"
    },
    "physician": {
      "type": "string",
      "description": "Physician responsible for the interpretation of the imaging
results"
    },
    "institution": {
      "type": "string",
      "description": "Institution in which the exam is performed"
    },
    "exam_date_time": {
      "type": "string",
      "description": "Date and time of exam, format yyyy-mm-ddThh:mm:ss",
      "format": "date-time"
    },
    "exam_type": {
      "type": "string",
      "description": "Exam type",
      "enum": ["Scintigraphy", "NA"]
    },
    "device_model": {
      "type": "string",
      "description": "Model of imaging device"
    },
    "device_date": {
      "type": "string",
      "description": "Date of device validation",
      "format": "date"
    },
    "exam_indication": {
      "type": "string",
      "description": "Exam indication",
      "enum": ["Initial evaluation", "Pre operative follow up", "Post operative follow
up", "Other", "NA"]
    },
    "activity": {
      "type": "number",
      "description": "Total activity, in Mega Becquerel",
      "minimum": 0
    },
    "tracer": {
      "type": "string",
```

```

    "description": "Radio tracer, Technetium-99m Diethylenetriaminepentaacetic acid, Technetium-99m Mercaptuacetyltriglycine. ",
    "enum": ["99mTC DTPA", "99mTC MAG3", "NA"],
    "default": "99mTC DTPA"
  },
  "injection_site": {
    "type": "string",
    "description": "Site of tracer injection",
    "enum": ["Peripheral IV", "Central IV", "NA"],
    "default": "Peripheral IV"
  },
  "patient_position": {
    "type": "string",
    "description": "Position of the patient during image captation",
    "enum": ["Lying", "Sitting", "NA"],
    "default": "Lying"
  },
  "furosemid_injection": {
    "type": "string",
    "description": "Furosemid injection",
    "enum": ["No", "Yes", "NA"]
  },
  "acquisition_time": {
    "type": "string",
    "description": "Duration of acquisition, ISO 8601 ABNF:
P(n)Y(n)M(n)DT(n)H(n)M(n)S",
    "format": "duration"
  },
  "renogram_curve": {
    "type": "string",
    "description": "Comparison of both renogram curves",
    "enum": ["Normal", "Abnormal", "NA"],
  },
  "calculation_method": {
    "type": "string",
    "description": "Calculation method used for renal function estimation",
    "enum": ["Patlack", "AUC", "NA"],
  },
  "urinary_tract_duplication": {
    "type": "string",
    "description": "Duplication of urinary tract resulting in an 'additionnal' urinary
tract to describe",
    "enum": ["No", "Right", "Left", "Bilateral", "Unknown", "NA"],
    "default": "No"
  },
  "renal_transplant": {
    "type": "string",
    "description": "Presence of a renal transplant resulting in an 'additionnal'
urinary tract to describe",
    "enum": ["No", "Right", "Left", "Unknown", "NA"],
    "default": "No"
  },
  "bladder_diversion": {
    "type": "string",
    "description": "Bladder diversion in place at the time of the exam",
    "enum": ["No", "Yes", "NA"],
    "default": "No"
  },
  "bladder_onset": {
    "type": "string",
    "description": "Bladder onset time, described according to ISO 8601 ABNF:
P(n)Y(n)M(n)DT(n)H(n)M(n)S",
    "format": "duration"
  },
  "renal_function_symmetry": {
    "type": "string",
    "description": "Renal function symmetry, according to the physician's evaluation",
    "enum": ["Symmetric", "Assymetric", "NA"]
  },
  "urinary_tract_results": {
    "type": "object",
    "description": "Successive description of urinary tracts results, taking account
of the (rare) possibility of anatomical variations",
    "properties": {
      "urinary_tract_id": {
        "type": "string",

```

```

        "description": "Generated hash id for each successively described urinary
tract"
    },
    "lateralisation": {
        "type": "string",
        "description": "Lateralisation of the urinary tract to be described",
        "enum": ["Left", "Right", "Left upper pole", "Left lower pole", "Right
upper pole", "Right lower pole", "Left renal transplant", "Right renal transplant"]
    },
    "diversion": {
        "type": "string",
        "description": "Presence of a urinary diversion in the described urinary
tract",
        "enum": ["No", "JJ stent", "Ureteral catheter", "Pyelostomy", "NA"],
        "default": "No"
    },
    "cortical_transit_time": {
        "type": "string",
        "description": "Cortical transit time, described using ISO 8601 ABNF:
P(n)Y(n)M(n)DT(n)H(n)M(n)S",
        "format": "duration"
    },
    "cortical_transit_time_evaluation": {
        "type": "string",
        "description": "Cortical transit time, as evaluated by the physician",
        "enum": ["Normal", "Retarded", "NA"]
    },
    "pyelocaliceal_time": {
        "type": "string",
        "description": "Time to pyelocaliceal passage, described using ISO 8601
ABNF: P(n)Y(n)M(n)DT(n)H(n)M(n)S",
        "format": "duration"
    },
    "stasis": {
        "type": "string",
        "description": "Stasis of the tracer",
        "enum": ["None", "Caliceal", "Pyelo-caliceal", "Uretero-pyelo-caliceal",
"NA"]
    },
    "late_images": {
        "type": "string",
        "description": "Tracer progression on late images acquisition",
        "enum": ["No give in or increase", "Partly give in", "Complete decrease",
"NA"]
    },
    "parenchymal_impregnation": {
        "type": "string",
        "description": "Parenchymal impregnation of the tracer, as evaluated by
the physician",
        "enum": ["Early and homogeneous", "Early and heterogeneous", "Late and
homogeneous", "Late and heterogeneous", "NA"]
    },
    "kidney_size": {
        "type": "string",
        "description": "Kidney size, as evaluated by the physician",
        "enum": ["Normal", "Altered", "NA"]
    },
    "kidney_morphology": {
        "type": "string",
        "description": "Kidney morphology, as evaluated by the physician",
        "enum": ["Normal", "Abnormal", "NA"]
    },
    "ureteral_dilatation": {
        "type": "string",
        "description": "Ureteral dilatation, as evaluated by the physician",
        "enum": ["No", "Yes", "NA"]
    },
    "vascular_slope": {
        "type": "string",
        "description": "Vascular slope, as evaluated by the physician",
        "enum": ["Normal", "Altered", "NA"]
    },
    "tmax": {
        "type": "string",
        "description": "Tmax, described using ISO 8601 ABNF:
P(n)Y(n)M(n)DT(n)H(n)M(n)S. Any Tmax > 20 min is considered as no Tmax",
        "format": "duration"
    }
}

```

```

    },
    "curve": {
      "type": "string",
      "description": "Renogram curve, as evaluated by the physician",
      "enum": ["Spontaneous emptying complete (or almost complete)",
"Spontaneous emptying incomplete", "No emptying", "NA"]
    },
    "renal_function": {
      "type": "number",
      "description": "Renal function, as evaluated by the previously defined
method, in percentage",
      "enum": ["Spontaneous emptying, complete (or almost complete)",
"Spontaneous emptying, incomplete", "No emptying", "NA"],
      "minimum": 0,
      "maximum": 100
    },
    "furosemid_test": {
      "type": "string",
      "description": "Furosemid test, as evaluated by the physician",
      "enum": ["Complete emptying", "Partial emptying", "No emptying", "NA"]
    },
    "comment": {
      "type": "string",
      "description": "Free text for manually added comment on urinary tract
result",
    },
  },
  "findings": {
    "type": "string",
    "description": "Qualification of the findings",
    "enum": ["Normal", "Abnormal compatible with clinical description", "Abnormal not
explanatory for clinical description", "Unknown", "NA"]
  },
  "comment": {
    "type": "string",
    "description": "Free text for manually added results, or comment"
  },
  "conclusion": {
    "type": "string",
    "description": "Text conclusion, automatically generated, and validated by the
imaging physician"
  },
  "conclusion_validation": {
    "type": "boolean",
    "description": "The physician must validate the automatically generated
conclusion, after manual modification if required",
    "default": false
  }
}
}

```

Annexe 3

Exemple Goupile

The image displays the Goupile application interface, split into two main sections: a code editor on the left and a rendered form on the right.

Code Editor (Left): Shows the source code for a dynamic report. The code uses a templating engine to generate HTML based on data. Key sections include:

- Patient information:** Fields for patient identifier, first name, name, and date of birth.
- Exam information:** Fields for institution, exam date and time, exam type (scintigraphy or NA), physician responsible for interpretation, imaging device model, date of imaging device validation, exam indication, and various parameters like activity, site of injection, patient position, furosemid injection, acquisition time, renogram curve, calculation method, and AUC/Patlak.
- Results:** A section for duplication of urinary tract results.

Rendered Form (Right): Shows the visual output of the code. It features a navigation bar with 'Introduction', 'Avancé' (selected), and 'Mise en page'. The main content area is titled 'Dynamic Renal Scintigraphy Report' and is divided into two sections:

- # Patient:** Contains input fields for 'Patient identifier *', 'First name *', 'Name *', and 'Date of birth *' (with a date picker).
- # Dynamic Renal Scintigraphy Report:** Contains a form with the following fields:
 - institution
 - Date and time of the exam (with a date picker)
 - examen type (radio buttons for 'scintigraphy' and 'NA')
 - Physician responsible for interpretation
 - Imaging device model
 - Date of imaging device validation (with a date picker)
 - Indication (dropdown menu: '-- Choisissez une option --')
 - Tracer (radio buttons: '✓ Tc-99m DTPA', 'Tc-99m MAG3', 'other', 'NA')
 - Activiy, MBq
 - site of tracer injection (radio buttons: 'periphérique IV', 'central IV', 'NA')

AUTEUR : Nom : BAUDELET

Prénom : Emmanuel

Date de soutenance : 22/09/2021

Titre de la thèse : Améliorer la communication des résultats de la scintigraphie rénale au DTPA au patient et au médecin traitant : informations nécessaires, représentation graphique et transmission dématérialisée.

Thèse - Médecine - Lille 2021

Cadre de classement : Médecine

DES + spécialité : Médecine Générale

Mots-clés : standardisation, compte-rendu, schématisation, transmission de données, scintigraphie rénale, DTPA, syndrome de jonction pyélo-urétérale.

Résumé :

Contexte :

L'information médicale est au centre de la prise en charge des patients. Dans le cadre de la scintigraphie rénale au DTPA dans le syndrome de jonction pyélo-urétérale de l'enfant, nous avons cherché à améliorer la compréhension du patient à l'aide d'une représentation schématique, et la transmission de cette information par QR Code.

Matériel et Méthodes :

Nous avons suivi 5 étapes, que sont la définition des champs nécessaires au compte-rendu pour la prise en charge médicale par revue de la littérature et avis d'experts, l'établissement d'un modèle de données, d'un modèle de compte-rendu pré-rédigé, puis l'établissement de représentations schématiques et enfin la génération de QR Code reprenant ces données.

Résultats :

Une revue de la littérature, de recommandations et d'avis d'experts nous a permis de mettre en évidence les champs importants nécessaires à la réalisation du compte-rendu d'imagerie (scintigraphie rénale dans le syndrome de jonction). Nous avons défini un modèle de données sous la forme d'un schéma JSON, puis nous avons proposé un exemple fictif de résultats en utilisant le format YAML. Nous avons ensuite proposé une mécanique de transformation automatisée en langage naturel, et de génération automatisée d'une iconographie sous la forme de preuves de concept. Les données ainsi obtenues au format YAML peuvent être transmises et intégrées par QR Code.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Rémi Besson

Asseseurs : Monsieur le Professeur Christophe Berkhout

Monsieur le Professeur Grégoire Ficheur

Directeurs de thèse : Monsieur le Professeur Emmanuel Chazard

Monsieur le Docteur Arthur Lauriot Dit Prevost