

UNIVERSITE DE LILLE  
**FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG**

Année 2021  
THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT  
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Améliorer la communication au patient et au médecin traitant des résultats de l'échographie chez l'enfant présentant un obstacle à l'écoulement des urines : informations nécessaires, représentation graphique et transmission dématérialisée**

Présentée et soutenue publiquement le 22 septembre 2021  
à 18 h au Pôle Formation

**Par Rémi LEGLEYE**

---

**JURY**

**Président :**

Monsieur le Professeur Rémi BESSON

**Assesseurs :**

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

---

# Avertissement

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

# Sigles

<b>APD</b>	<i>Anteroposterior diameter</i>
<b>CSP</b>	Code de santé publique
<b>DCPC</b>	Dilatation des cavités pyélocalicielles
<b>EAU</b>	<i>European Association of Urology</i>
<b>ESPR</b>	<i>European Society of Paediatric Radiology</i>
<b>HN</b>	Hydronéphrose
<b>IRM</b>	Imagerie par résonance magnétique
<b>JPU</b>	Jonction pyélo-urétérale
<b>JSON</b>	<i>Java script object notation</i>
<b>MCOP</b>	Méga-uretère congénital obstructif primitif
<b>MU</b>	Méga-uretère
<b>PUJ</b>	<i>Pelvi-ureteric junction</i>
<b>PUV</b>	<i>Posterior urethral valve</i>
<b>QR code</b>	<i>Quick response code</i>
<b>RVU</b>	Reflux vésico-urétéral
<b>SFU</b>	<i>Society for Fetal Urology</i>
<b>SJPU</b>	Syndrome de la jonction pyélo-urétérale
<b>UCRM</b>	Urétrocystographie rétrograde et mictionnelle
<b>UML</b>	<i>Unified modeling language</i>
<b>UTD</b>	<i>Urinary Tract Dilation classification system</i>
<b>VES</b>	Voies excrétrices supérieures
<b>VUP</b>	Valves de l'urètre postérieur
<b>YAML</b>	<i>Yet another markup language</i>

# Sommaire

Avertissement.....	2
Sigles.....	3
Sommaire .....	4
Préambule.....	7
Introduction.....	8
1 Anatomie et physiologie de l'appareil urinaire .....	8
1.1 Rein.....	8
1.1.1 Situation.....	8
1.1.2 Morphologie externe .....	9
1.1.3 Morphologie interne .....	9
1.1.4 Vascularisation.....	10
1.1.5 Physiologie.....	11
1.2 Uretère .....	11
1.3 Organe de la miction : vessie et urètre .....	13
2 Uropathies malformatives à l'origine d'obstacle à l'écoulement des urines chez l'enfant.....	14
2.1 Généralités .....	14
2.2 Hydronéphrose anténatale .....	15
2.2.1 Découverte anténatale.....	15
2.2.2 Suivi postnatal de l'hydronéphrose .....	16
2.3 Syndrome de la jonction pyélo-urétérale .....	21
2.3.1 Définition.....	21
2.3.2 Épidémiologie .....	21
2.3.3 Physiopathologie et étiologies.....	21
2.3.4 Diagnostic .....	21
2.3.5 Prise en charge.....	23
2.3.6 Devenir à long terme.....	23
2.4 Méga-uretère obstructif primitif .....	24
2.4.1 Définition.....	24
2.4.2 Épidémiologie .....	24
2.4.3 Physiopathologie.....	24
2.4.4 Diagnostic .....	24
2.4.5 Prise en charge.....	25

2.4.6	Devenir à long terme.....	26
2.5	Valves de l'urètre postérieur.....	27
2.5.1	Définition.....	27
2.5.2	Épidémiologie.....	27
2.5.3	Physiopathologie.....	27
2.5.4	Diagnostic.....	27
2.5.5	Prise en charge.....	28
2.6	Diagnostics différentiels.....	28
3	L'examen : Échographie.....	29
3.1	Généralités.....	29
3.2	Échographie anténatale.....	29
3.3	Échographie des voies urinaires postnatale.....	29
3.3.1	Indications.....	29
3.3.2	Conditions de réalisation.....	30
3.3.3	Critères d'évaluation.....	30
4	L'information médicale.....	34
4.1	Définition de l'information médicale.....	34
4.2	Cadres légaux de l'information médicale.....	34
4.2.1	Dans la relation médecin malade.....	34
4.2.2	Entre professionnels de santé.....	35
4.3	Qualité de l'information médicale.....	35
4.4	Information médicale liée au compte-rendu d'imagerie.....	36
4.4.1	Cadre légal.....	36
4.4.2	Contenu du compte-rendu.....	36
5	Objectif.....	37
	Article en anglais.....	38
1	Introduction.....	38
1.1	Urinary Tract Obstruction in Children.....	38
1.2	Medical Information.....	38
1.3	Objectives of the Study.....	39
2	Material & Methods.....	39
2.1	Field Definition.....	39
2.1.1	Bibliographic Review on Guidelines.....	39
2.1.2	Bibliographic Review on Paper Reporting Imaging Results.....	39
2.1.3	Definition of Relevant Fields.....	41

2.2	Data Model .....	41
2.3	Textual Report .....	41
2.4	2D Visualization .....	42
2.5	QR Code .....	42
3	Results .....	42
3.1	Field Definition .....	42
3.1.1	Bibliographic Review on Guidelines .....	42
3.1.2	Bibliographic Review on Paper Reporting Imaging Result .....	42
3.1.3	Definition of Relevant Fields .....	44
3.2	Data Model .....	46
3.3	Textual Report .....	49
3.4	2D Visualization .....	50
3.5	QR Code .....	53
4	Discussion .....	54
4.1	Comparison with other articles .....	54
4.2	Limits .....	54
4.3	Perspectives .....	55
	Discussion en français .....	57
1	Comparaison à la littérature .....	57
2	Forces et limites de l'étude .....	57
3	Perspectives .....	58
	Liste des tables .....	60
	Liste des figures .....	61
	Références .....	63
	Annexe 1 .....	78
	Annexe 2 .....	79
	Annexe 3 .....	84

# 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 Toubon<sup>1</sup>.

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.

---

<sup>1</sup> 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

La présente thèse s'intéresse aux comptes-rendus échographiques des voies urinaires, en cas d'obstacle à l'écoulement des urines chez l'enfant.

Dans un premier temps, nous verrons les rappels anatomiques des voies urinaires, puis les pathologies concernées, pour enfin s'intéresser à l'échographie.

## 1 Anatomie et physiologie de l'appareil urinaire

Les organes urinaires comprennent : les reins, les uretères, la vessie et l'urètre.

### 1.1 Rein

Le rein est un organe glandulaire pair dont la fonction principale est la sécrétion de l'urine. Il joue un rôle capital dans l'homéostasie.

#### 1.1.1 Situation

Les reins sont situés dans la région lombaire, dans l'espace rétropéritonéal (Figure 1). Ils sont situés de chaque côté de la colonne vertébrale, à la hauteur des vertèbres thoraciques T11 et T12, et des vertèbres lombaires L2 et L3. Le rein gauche est en arrière du pancréas et le droit en arrière du foie.

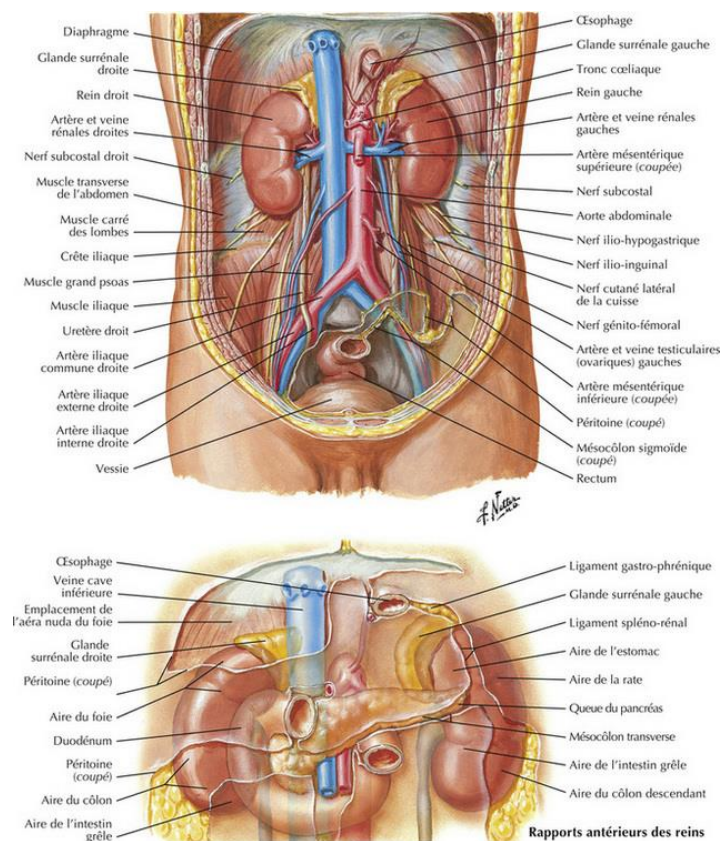


Figure 1. Rein in situ après exérèse des viscères — vue antérieure (d'après [1])



### 1.1.2 Morphologie externe

Chaque rein a une forme ovoïde aplatie avec un bord latéral convexe et médial concave.

Le bord médial, échancré, est creusé d'une cavité à sa partie moyenne : le sinus rénal, dont l'ouverture s'appelle le hile rénal. Il délimite les voies excrétrices supérieures (VES) intrarénales et extrarénales. Les deux rebords du hile rénal sont les lèvres antérieure et postérieure. Sa surface est lisse chez l'adulte, alors qu'elle est irrégulière et polylobulée chez le nouveau-né (Figure 2).

Leurs dimensions varient avec l'âge, la taille (Table 1) et le sexe. Sa longueur est de 12 cm (9-14,5), sa largeur de 6 cm (4,5-7,5), et son épaisseur de 3 cm (3-4,5) chez l'adulte. Le rein gauche est plus long de 1 cm. Chacun pèse environ 140 grammes chez l'homme (110-160) et 125 grammes chez la femme [2-4].



*Figure 2. Glande surrénale et rein polylobulé chez l'enfant (d'après [1])*

### 1.1.3 Morphologie interne

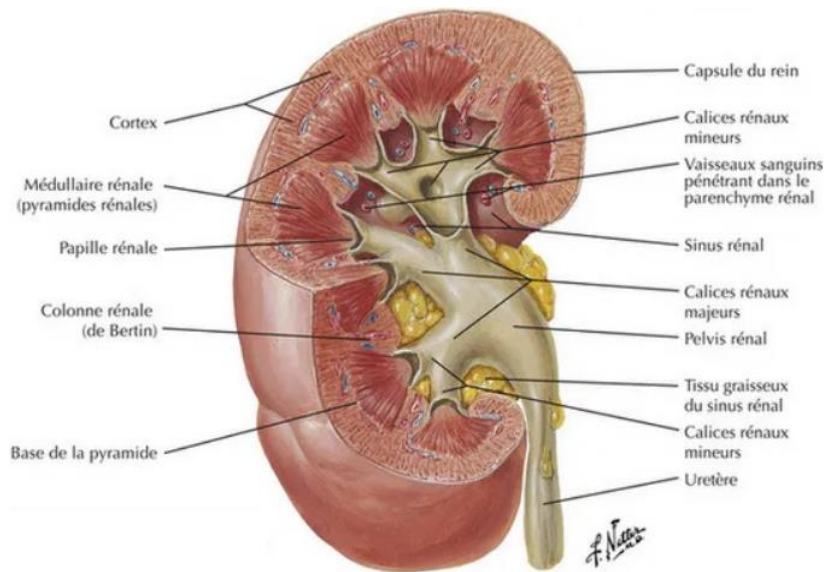
Les reins sont constitués d'un parenchyme rénal entouré d'une capsule fibreuse et creusée du sinus rénal.

Le parenchyme rénal comprend deux parties, l'une externe : le cortex ; l'autre interne : la médulla (Figure 3).

La médulla est constituée des pyramides rénales séparées entre elles par les colonnes rénales. Les pyramides rénales sont au nombre de huit à dix par rein. Elles contiennent les anses du néphron et les tubules collecteurs. Les sommets des pyramides font saillie dans le sinus rénal et forment les papilles rénales. Leurs sommets sont perforés de petits trous (aire criblée) permettant à l'urine d'être sécrétée.

Le cortex rénal est la zone de filtration glomérulaire, et mesure environ 1 cm d'épaisseur chez l'adulte et supérieur à 7 mm chez l'enfant. Trois parties se distinguent :

- Une zone externe : le cortex périphérique, qui contient les corpuscules rénaux et les tubules contournés ;
- Une zone interne : le cortex juxtamédullaire, contenant des corpuscules rénaux, tubules contournés, des tubes collecteurs et des vaisseaux arqués ;
- Les colonnes rénales où circulent les artères et les veines interlobaires.



**Figure 3. Rein droit coupé sur plusieurs plans, montrant le parenchyme et le pelvis rénal (d'après [1])**

Une pyramide rénale, et le cortex qui l'entoure forment un lobe rénal.

Le sinus rénal est une cavité qui s'ouvre par le hile rénal et contient les vaisseaux rénaux, les calices et le pelvis rénal. Sur sa paroi saillent les papilles rénales.

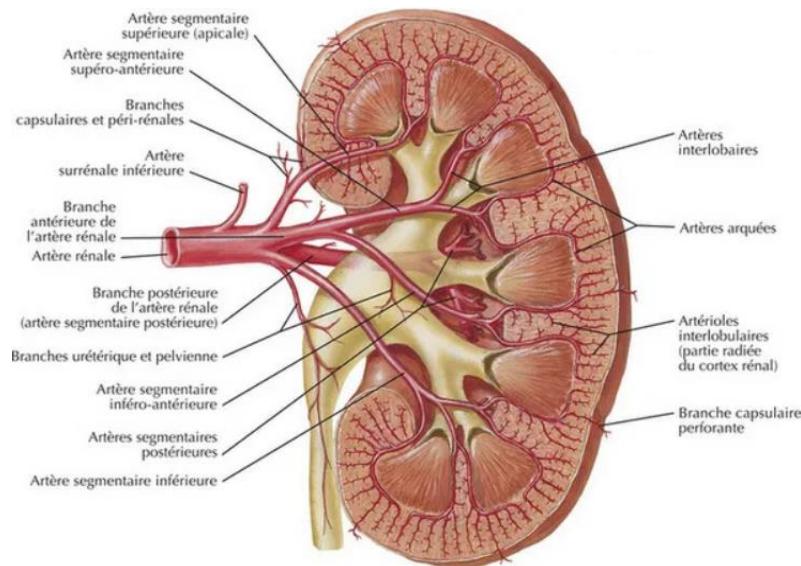
Les calices sont des entonnoirs membraneux de 5 à 15 mm de longueur qui se fixent autour d'une papille rénale. Le pelvis rénal ou bassinet du rein est formé par la réunion des calices [2–4]. L'ensemble des calices et du pelvis forme les cavités pyélocalicielles. D'un point de vue fonctionnel, les calices et le pelvis sont des conduits musculaires ; sièges de contractions circulaires se déplaçant dans le sens cranio-caudal.

#### 1.1.4 Vascularisation

Le rein est vascularisé par l'artère et la veine rénale, qui pénètrent par le hile rénal, dans 75 % à 85 % des cas [5]. Dans certaines situations, il existe des artères polaires, issues de l'artère rénale, ne traversant pas le hile du rein, mais qui sont destinées soit au pôle inférieur, soit au pôle supérieur, ou aux deux pôles (Figure 13). L'artère rénale a pour origine la face latérale de l'aorte abdominale. Physiologiquement, leur débit est de 1,2 l/min, ce qui correspond à environ 20 % du débit cardiaque [3,6]. Au voisinage du hile, elle se divise, généralement, en deux branches : antérieure et postérieure. Ces dernières donnent les artères segmentaires, puis interlobaires et se terminent en artères arquées au-dessus des pyramides rénales (Figure 4). Les artères arquées se divisent pour donner les artères interlobulaires puis en artères glomérulaires afférentes. Ces dernières vascularisent les néphrons.

Chaque néphron reçoit alors une artériole afférente, qui forme un réseau de capillaires organisé en pelote, appelé glomérule rénal (ou glomérule de Malpighi) ; élément vasculaire du corpuscule rénal. Les capillaires glomérulaires se rejoignent ensuite pour former l'artère glomérulaire efférente [3].

Au niveau veineux, les veines intrarénales, dites segmentaires, se rejoignent pour former deux à trois troncs veineux antérieurs, à l'origine de la veine rénale. C'est l'élément le plus antérieur du pédicule rénal. Elle rejoint ensuite la veine cave inférieure.



**Figure 4. Artères intrarénales et segments rénaux, coupe frontale du rein gauche, vue antérieure (d'après [1])**

### 1.1.5 Physiologie

Le rein est responsable de l'élimination urinaire des déchets métaboliques, de la régulation de la volémie, de l'état acido-basique, du métabolisme phosphocalcique et de l'érythropoïèse.

Ses capacités de filtration sont assurées par le néphron, qui est l'unité fonctionnelle et structurelle du rein. Celui-ci adapte quantitativement et qualitativement la composition de l'urine à partir du plasma filtré, tout le long de ses différents segments.

Le néphron comporte un glomérule, qui est composé de boucles capillaires et délimité par la capsule de Bowman. Le plasma est filtré à ce niveau et arrive dans la chambre urinaire. Ensuite, l'urine primitive entre successivement dans le tube contourné proximal et l'anse de Henlé. Ces derniers ont pour rôle principal la réabsorption massive d'eau, de bicarbonate, d'acides aminés et de glucose. Le néphron distal comprend le tube contourné distal, le tube connecteur et le canal collecteur. Il a pour rôle d'adapter qualitativement la composition de l'urine aux besoins de l'organisme (équilibre acido-basique)[6].

## 1.2 Uretère

Les VES sont constituées de la VES intrarénale comportant les calices et le pelvis rénal (pyélon) et de la VES extrarénale composée de l'uretère, qui lui fait suite (Figure 3).

L'uretère est le conduit excréteur du rein. Sa partie terminale s'abouche dans la vessie (portion intramurale). On distingue 3 segments : la jonction pyélo-urétérale (JPU), le conduit urétéral et la jonction urétérovésicale.

Ce conduit, musculo-membraneux et contractile, est situé dans un tissu conjonctif lâche qui assure la liberté de ses mouvements. Sa taille varie de 25 à 30 cm chez l'adulte. À l'état de vacuité, l'uretère est aplati.

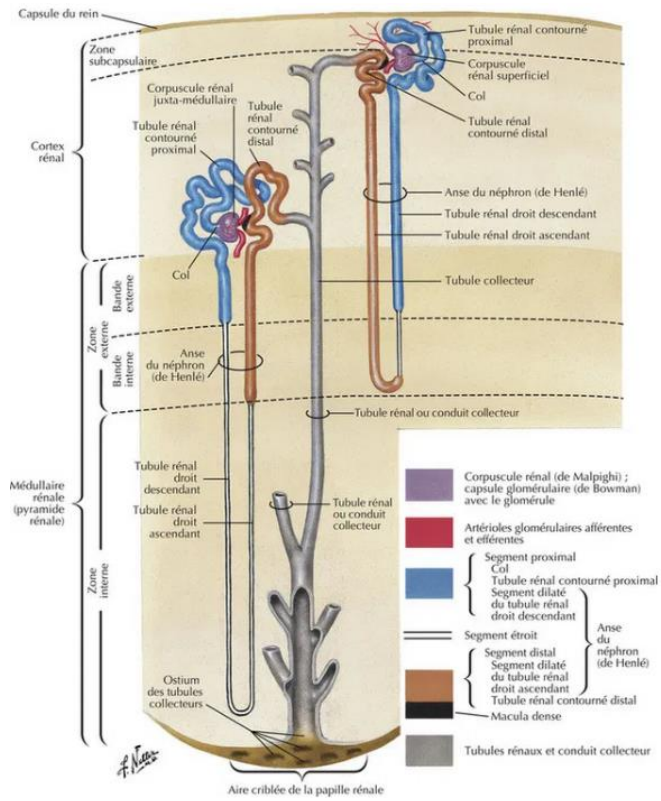


Figure 5. Néphron et tube collecteur : schéma (d'après [1])

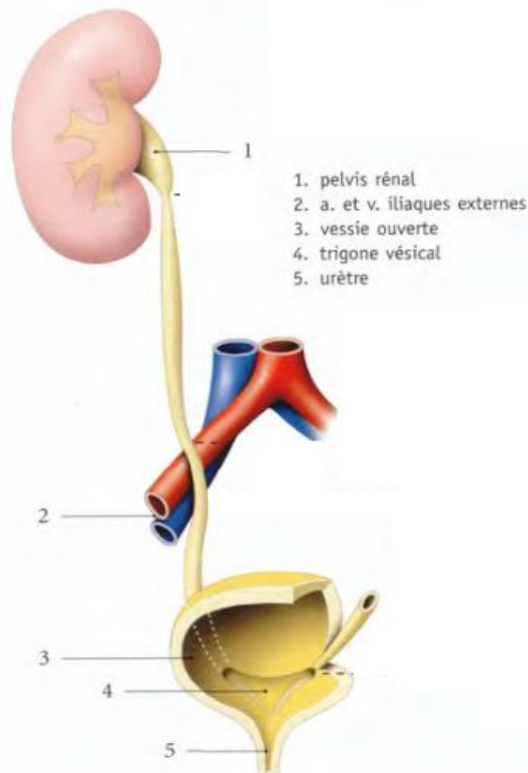
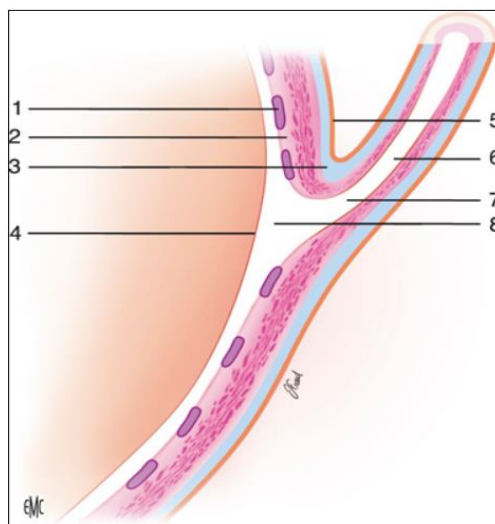


Figure 6. Vue antérieure de l'uretère (d'après [2])



**Figure 7. Jonction urétérovésicale. 1. Détrusor plexiforme ; 2. Détrusor circulaire ; 3. Détrusor longitudinal ; 4. Muqueuse ; 5. Fascia pelvien viscéral ; 6 : Segment juxtavésical ; 7 : Segment intramural ; 8 : Segment sous-muqueux (d'après [7]).**

Le diamètre, le long de son trajet, varie de 3 à 6 mm et présente trois rétrécissements :

- à son origine, au niveau de la JPU (Figure 3) ;
- en région iliaque, en regard du croisement avec les vaisseaux iliaques (Figure 1) ;
- dans sa portion intramurale (Figure 7).

L'uretère présente trois tuniques : adventice, musculaire, et muqueuse. Elle assure le transport de l'urine par péristaltisme du pelvis rénal vers la vessie en s'adaptant aux variations de la diurèse et de la pression intravésicale.

Le transport n'est pas continu, mais sous forme de bolus urinaire. L'onde péristaltique urétérique propulse ce bolus à la vitesse de 3 à 6 cm par minute.

La jonction urétérovésicale régule l'éjection de l'urine dans la vessie, grâce à l'activité musculaire synergique de l'uretère vésical et du détrusor [2,3,7].

Les uretères traversent la vessie obliquement en bas et en dedans. Leur trajet est long d'environ 2 cm.

### 1.3 Organe de la miction : vessie et urètre

La vessie et l'urètre sont la partie terminale des organes urinaires, situés dans le pelvis et le périnée. Ils assurent la continence urinaire et la miction.

La vessie, à l'état de vacuité, est pelvienne. Elle est située en arrière de la symphyse pubienne. Elle est composée d'une couche muqueuse, d'une couche musculuse : le détrusor, et d'une adventice. La capacité anatomique est de 300 à 500 ml. Physiologiquement, les premiers besoins sont ressentis vers 150 ml. Chez l'enfant, la capacité vésicale est de 50 ml à 1 an, 100 ml à 2 ans, 150 ml à 4 ans puis 250 ml à 11 ans.

L'urètre est un conduit musculo-membraneux affecté à l'excrétion des urines, et à l'expulsion du sperme chez l'homme. Il s'abouche par le méat urinaire [2].

Chez l'homme, il existe une partie antérieure et postérieure. L'urètre postérieur est subdivisé en une partie préprostatique, prostatique et membranacée.

Sur son trajet, le calibre de l'urètre présente des dilatations, appelées sinus.

Au niveau prostatique, un sinus prostatique présente un relief au niveau de la paroi postérieure, appelé *colliculus seminal* ou *veru montanum*.

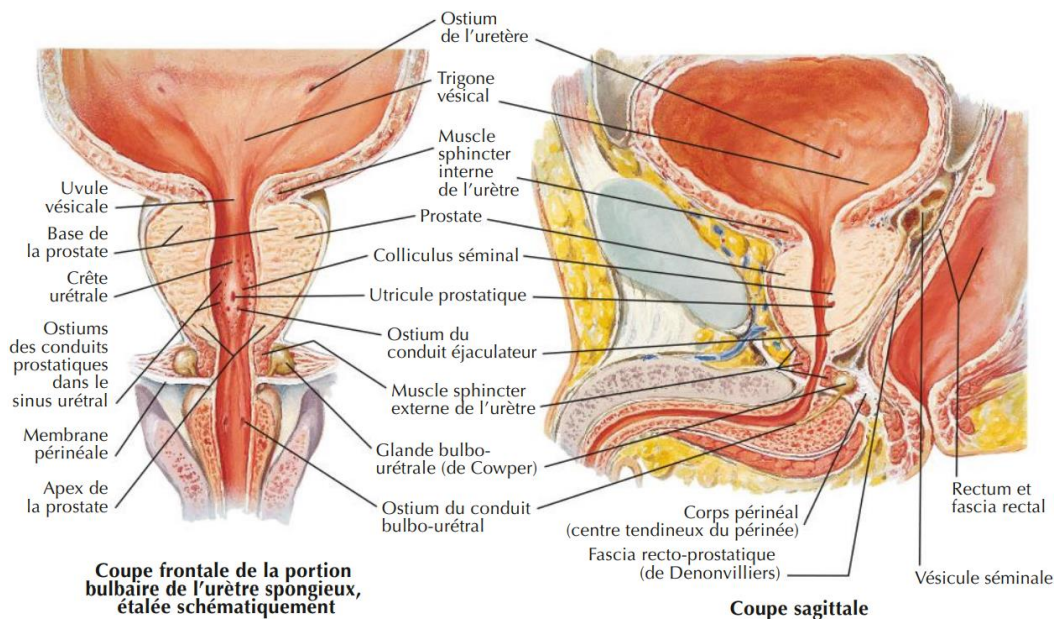


Figure 8. Prostate et vésicules séminales (d'après [1]).

## 2 Uropathies malformatives à l'origine d'obstacle à l'écoulement des urines chez l'enfant

L'appareil urinaire est sujet à de nombreuses pathologies, innées ou acquises. Nous nous intéresserons dans ce travail uniquement aux obstacles à l'écoulement des urines dans les voies urinaires, chez l'enfant. Parmi ces pathologies, nous nous limiterons aux pathologies malformatives les plus fréquentes, dont l'investigation repose essentiellement sur l'échographie.

### 2.1 Généralités

La découverte des uropathies malformatives se fait principalement au cours des dépistages anténataux, du fait de la généralisation de l'échographie anténatale, sinon au cours d'une infection urinaire, d'hématuries ou de symptômes abdominaux [8–10].

La dilatation des voies urinaires supérieures est le principal critère retrouvé à l'échographie anténatale. Elle se révèle par une dilatation des cavités pyélocalicielles (DCPC), de l'uretère ou de la vessie [11].

L'hydronéphrose (HN) est définie par une DCPC, d'intensité variable, sans dilatation urétérale [12,13].

Le méga-uretère (MU) est une dilatation anormale de l'uretère [13,14].

Ces dilatations peuvent être associées à un syndrome obstructif qui est défini par une augmentation des pressions intracavitaires, et peut provoquer une atteinte rénale irréversible [15].

Les causes de syndrome obstructif de l'appareil urinaire chez l'enfant sont principalement d'origine malformative, mais il existe des causes plus rares, infectieuses, inflammatoires, tumorales, et lithiasiques [15].

Les principales pathologies malformatives obstructives retrouvées sont [16] :

- le syndrome de jonction pyélo-urétérale (SJPU) ;
- le méga-uretère (MU) ;
- les valves de l'urètre postérieur (VUP).

## 2.2 Hydronéphrose anténatale

### 2.2.1 Découverte anténatale

L'échographie peut mettre en évidence une DCPC à partir de 20 semaines de gestation [17]. La période la plus sensible pour évaluer les voies urinaires se situe à la 28<sup>ème</sup> semaine de grossesse [18].

La mesure la plus reproductible pour mettre en évidence une HN est le diamètre antéro-postérieur du pyélon en coupe axiale [19]. Les limites supérieures sont de 4 mm avant 33 semaines d'aménorrhée et 7 mm après 33 semaines [19–23].

#### 2.2.1.1 Épidémiologie

Les anomalies de l'appareil urinaire sont parmi les malformations fœtales les plus souvent rencontrées, avec une fréquence de 3,1/1000 naissances [24,25]. Elles représentent 20 % des anomalies dépistées pendant la grossesse [26,27]. La prévalence de la DCPC anténatale peut atteindre 4,5 % des grossesses, ce qui en fait l'anomalie la plus fréquente [16,19,23,28,29].

Bien que la découverte d'une DCPC anténatale soit un indicateur d'une pathologie sous-jacente, celle-ci ne se confirme que dans 36 à 80 % des cas en situation postnatale [23,30–32]. La présence d'une DCPC peut être un phénomène transitoire et bénin [16]. La probabilité qu'une uropathie se confirme est proportionnelle à la sévérité de cette DCPC [25].

#### 2.2.1.2 Étiologie

Une grande variété de malformations urinaires peut être révélée par l'échographie fœtale.

Une DCPC peut être rapportée de façon non exhaustive :

- une obstruction de la JPU ; SJPU ;
- une obstruction de la jonction vésico-urétérale ; MU primitif ;
- une obstruction sous-vésicale ; VUP ;
- une dilatation sans obstacle avec reflux vésico-urétéral ; le reflux vésico-urétéral (RVU) ;
- une dilatation sans obstruction ni reflux démontrable ;
- une duplication au niveau des VES.

L'association avec d'autres uropathies est fréquente.

### 2.2.1.3 Prise en charge

L'évaluation anténatale prend en compte :

- le bien-être fœtal global ;
- l'âge gestationnel ;
- le sexe ;
- l'unilatéralité ou la bilatéralité de l'HN ;
- l'aspect des uretères et de la vessie ;
- la quantité de liquide amniotique.

La prise en charge de la DCPC s'est retrouvée modifiée, car la suspicion diagnostique se fait avant l'apparition de tout symptôme [18].

En effet, toute la difficulté réside dans le fait qu'il n'existe pas de test permettant de prédire l'origine obstructive de la DCPC anténatale.

De même, s'il existe une obstruction, cela ne représente pas toujours une entrave à la maturation du parenchyme rénal et de la fonction néphrologique.

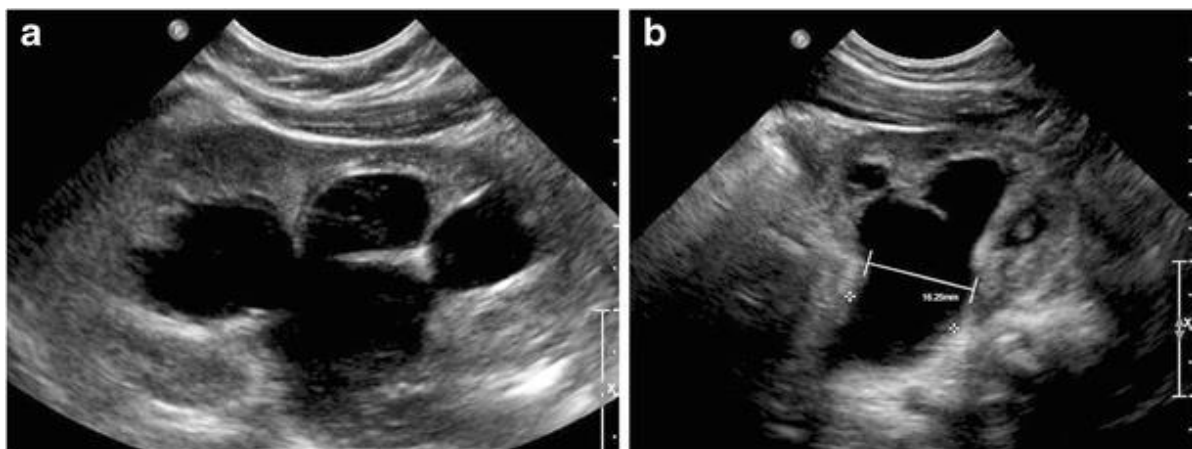
Face à ces incertitudes, il faut rester prudent, car un suivi mal organisé pourrait entraîner une atteinte irréversible alors qu'une attitude chirurgicale systématique apparaît excessive compte tenue de l'évolution spontanée parfois surprenante.

### 2.2.2 Suivi postnatal de l'hydronéphrose

La découverte d'une DCPC anténatale implique une évaluation postnatale. Dans l'attente d'un diagnostic, certains auteurs préconisent la mise sous antibiothérapies prophylactiques, afin de limiter le risque de complication septique. Seules la présence d'une vessie distendue ou la suspicion anténatale de VUP vont nécessiter des investigations en urgence.

L'échographie est la pierre angulaire de l'évaluation d'une DCPC. L'urétrocystographie rétrograde et mictionnelle (UCRM) est indispensable pour voir s'il y a un RVU associé. La scintigraphie permet d'évaluer et de suivre l'évolution du retentissement fonctionnel.

À noter que l'incidence des uropathies vraies postnatales, lors d'un suivi de 2 à 3 ans, est de 30 à 40 % chez les enfants ayant eu un diagnostic anténatal d'une DCPC persistante en situation postnatale [29,33].



**Figure 9. A. Dilatation rénale majeure avec amincissement du parenchyme rénal en coupe longitudinale échographique. B. Mesure du diamètre antéro-postérieur du rein au niveau du hile sur une coupe échographique transversale du rein (d'après [34]).**



### 2.2.2.1 Méthode d'évaluation

#### 2.2.2.1.1 Échographie

Comme évoqué plus tôt, l'échographie est l'examen de première intention.

L'échographie apprécie l'aspect morphologique des reins, des uretères et de la vessie. Elle évalue [18,35,36] :

- le degré de la DCPC via (Figure 9) ;
  - le diamètre antéro-postérieur du pyélon sur une coupe transversale qui est la mesure la plus reproductible,
  - la présence de dilatation de calice,
  - l'atteinte parenchymateuse,
- les mensurations du rein ;
- l'échogénicité de la corticale, ou différenciation cortico-médullaire ;
- l'épaisseur du parenchyme, ainsi que la présence de cicatrice corticale ou de kyste ;
- une dilatation des uretères, une asymétrie du péristaltisme urétéral et des jets urétéraux au doppler ;
- l'épaisseur et les contours du détrusor, ainsi que le volume de la vessie.

Après évaluation de ces paramètres, certaines pathologies sont évoquées, et de là une prise en charge est proposée.

De plus, l'évolution des paramètres, évalués par des échographies répétées dans le temps, est aussi un critère important et permet d'éviter des examens invasifs et irradiants [18].

Dans un contexte de découverte d'HN anténatale, il convient de rester vigilant. Une échographie réalisée précocement pourrait sous-estimer une DCPC du fait de l'oligurie du nouveau-né [37,38]. Selon les données échographiques anténatales, elle sera réalisée entre 1 et 7 jours après la naissance [39,40], avec un contrôle systématique à 1 mois en cas de normalité. Dans le cas d'une suspicion d'atteinte sévère, une échographie précoce est recommandée [18].

L'échographie de contraste peut être utilisée chez l'enfant. Elle consiste à associer l'échographie avec une injection de produit de contraste soit intraveineuse, soit endovésicale (échocystographie de contraste).

Elle permet d'évaluer la présence d'un RVU et d'éviter l'irradiation [41].

#### 2.2.2.1.2 Urographie intraveineuse/test de Whitaker

Historiquement, avant le développement de l'échographie, l'urographie intraveineuse était l'examen de référence. Elle consiste en une injection de produit de contraste en intraveineuse associée à de multiples radiographies standards de l'abdomen.

Le caractère obstructif était évalué par un test de Whitaker, qui consiste en une mesure des pressions intrarénales par néphrostomie percutanée, ce qui représente un caractère invasif.

Ces examens n'ont aujourd'hui, à quelques exceptions près, plus d'indication en pédiatrie.

Actuellement, il leur est préféré l'échographie et l'imagerie par résonance magnétique (IRM), pour l'évaluation anatomique et la scintigraphie pour évaluer la fonction rénale.

#### 2.2.2.1.3 Urétrocystographie rétrograde et mictionnelle

L'UCRM est un examen de radiographie des voies urinaires à la fois morphologique et dynamique. Il consiste à suivre la progression d'un produit de contraste introduit dans les voies urinaires, soit par sondage, soit par voie sus-pubienne (ponction).

Il s'agira plus souvent d'une UCRM sur sonde. La ponction sus-pubienne est préférée par d'autres ; elle est systématique en cas de suspicion d'obstacle sous-vésical.

Elle permet d'évaluer la présence d'un RVU, qui se retrouve jusqu'à 25 % des cas de DCPC anténatale [42] et permet de poser certains diagnostics [18,23].

L'UCRM sera réalisée dans les premières semaines de vie et sera d'autant plus précoce que l'estimation échographique rénale s'avère préoccupante. Cependant, il ne semble pas exister de corrélation entre le degré de dilatation anténatale et la présence d'un RVU [19].

Le RVU retrouvé peut-être homolatéral ou controlatéral à l'obstruction.

L'UCRM est indiquée après l'échographie postnatale si elle retrouve :

- une DCPC sévère unilatérale ;
- une DCPC modérée ou sévère bilatérale ;
- une dilatation urétéro-pyélocalicielle ;
- une anomalie vésicale faisant suspecter une pathologie de type VUP ;
- les autres situations d'uropathies : duplication, syndrome de Prune Belly.

#### 2.2.2.1.4 Scintigraphie rénale

Afin de rechercher une obstruction, une scintigraphie rénale est indiquée avec utilisation d'un radiotracteur, comme l'acide diéthylène triamine-pentacétate (DTPA) ou mercaptoacétyl triglycine (MAG3) [9].

Il s'agit d'une méthode non invasive à faible irradiation, qui évalue la fonction rénale.

Le radiotracteur est administré par voie intraveineuse, pour être ensuite filtré par le rein et excrété dans les voies urinaires.

La scintigraphie, à l'aide d'une gamma caméra, s'attache à évaluer la cinétique de l'élimination du traceur qui est modifié en cas de syndrome obstructif.

Elle permet d'apprécier la fonction séparée de chacun des deux reins, et ainsi d'évaluer la fonction rénale différentielle.

Une épreuve avec un diurétique, le furosémide, est réalisée pour voir la réponse du rein et déterminer le caractère obstructif.

À noter qu'il est recommandé de réaliser l'UCRM ou la scintigraphie à distance d'une infection urinaire [44].

#### 2.2.2.1.5 Imagerie par résonance magnétique

L'IRM, réalisée sous sédation, est un examen de deuxième intention. Il est utilisé lorsque l'échographie ne permet pas de définir le diagnostic de l'uropathie, principalement lors de dilatations majeures où le parenchyme n'est pas visible en échographie [43,45].



Figure 10. UCRM montrant un RVU bilatéral (d'après [43])

### 2.2.2.2 Prise en charge

Si la dilatation persiste à l'évaluation postnatale, ou qu'il y a des critères de gravité anténatale, une UCRM sera réalisée. A contrario, si la dilatation est faible ou non présente, un contrôle par échographie sera prévu à 4 semaines [18,46].

Plusieurs systèmes de classification ont été proposés pour évaluer la gravité d'une HN et déterminer les facteurs prédictifs d'évolution :

- mesure du diamètre AP [47,48] ;
- classification de la Society for Fetal Urology (SFU) [37,49] (Figure 11) ;
- classification Urinary Tract Dilation (UTD) [32];
- classification d'Onen [50] ;

La limite de ces systèmes d'évaluation est que le risque d'atteinte rénale soit différent selon l'origine de l'HN [51].

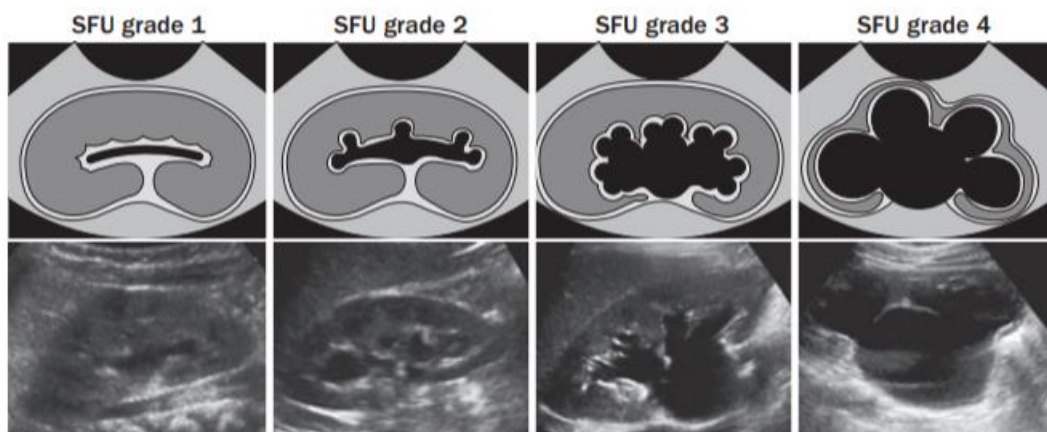


Figure 11. Système de classification échographique de l'HN postnatale proposé par la SFU. Grade 0 : Échographie considérée comme normale (non présenté) ; Grade 1 : Dilatation du bassin sans dilatation des calices ; Grade 2 : Dilatation complète du bassin et des calices majeurs ; Grade 3 : Dilatation complète du bassin et de l'ensemble des calices sans signe d'atteinte du parenchyme ; Grade 4 : Amincissement du parenchyme d'après [48]

Un algorithme d'imagerie a été proposé par la société européenne de radiologie pédiatrique (ESPR), selon le degré d'HN anténatal selon la SFU. Mais les prises en charge dépendent beaucoup des équipes (Figure 12) [37,52].

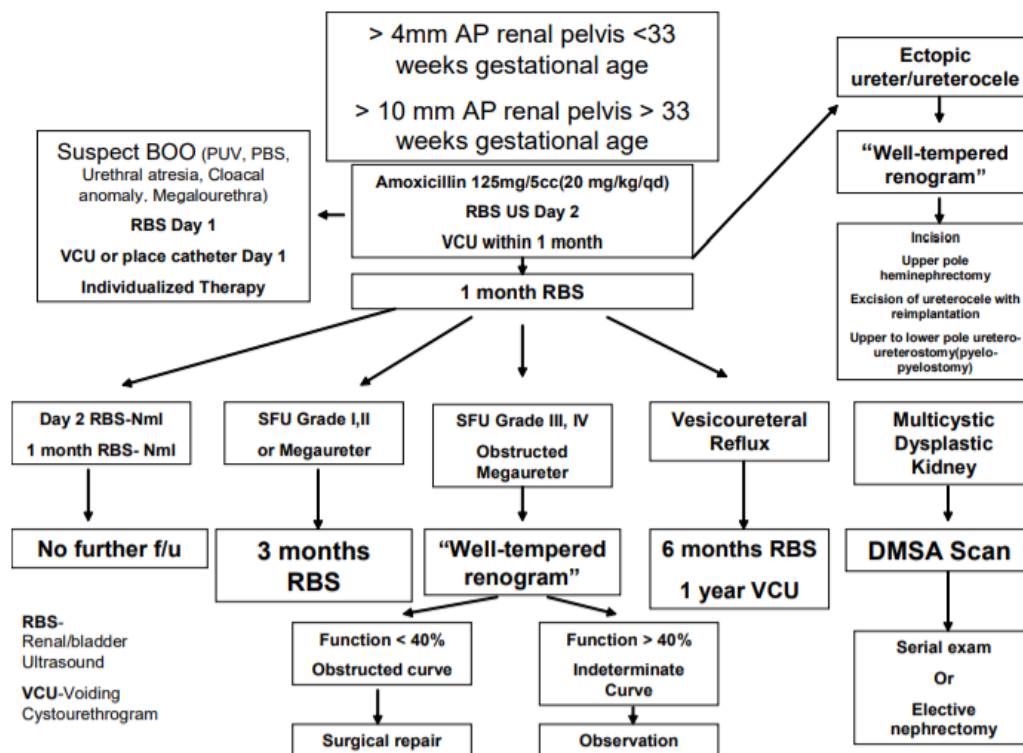


Figure 12. Proposition de prise en charge postnatale suite à la découverte d'une HN fœtale d'après [53]

Plusieurs équipes proposent une antibiothérapie prophylactique continue en prévention des infections urinaires, chez l'enfant présentant une HN anténatale, sans que son efficacité soit prouvée [53,54].

### 2.2.2.3 Diagnostics principaux

Selon diverses études d'évaluation à long terme, les principaux diagnostics retrouvés sont [23,25,38,55] :

- HN anténatale. Elle est transitoire dans la plupart des cas. L'étiologie est mal connue, mais pourrait être due à un défaut de maturité du muscle lisse du bassinet, responsable d'une stase urinaire ;
- RVU ;
- SJPU ;
- MU ;
- VUP ;
- duplicité pyélo-urétrale, dysplasie multikystique rénale, syndrome de Prune Belly.

## 2.3 Syndrome de la jonction pyélo-urétérale

### 2.3.1 Définition

Ce syndrome se caractérise par une obstruction du passage de l'urine du pyélon dans l'uretère. Cela a pour conséquence une DCPC avec un uretère d'aval de calibre normal, pouvant avoir un impact sur le rein.

Ce syndrome peut être associé ou non à la présence d'un obstacle au niveau de la JPU. La cause de l'obstruction peut être congénitale (ou primaire) ou acquise (ou secondaire) [9].

Comme évoqué précédemment, le diagnostic de SJPU peut être évoqué au cours de la grossesse [56]. Mais la découverte d'une DCPC unilatérale anténatale peut correspondre aussi à un RVU ou un MU.

### 2.3.2 Épidémiologie

C'est la cause la plus fréquente d'HN néonatale. Elle représente 40 % des uropathies malformatives [9,15,16,18,57–59]. L'incidence du SJPU congénital est d'une naissance sur 1500 avec un sex-ratio hommes/femmes de 2/1 chez les nouveau-nés [56]. Il est bilatéral dans 10 à 40 % des cas, et plus fréquent du côté gauche [9,60,61]. Il est fréquemment associé à d'autres malformations rénales [8].

### 2.3.3 Physiopathologie et étiologies

Bien que ce syndrome soit majoritairement d'origine congénitale, la cause peut aussi être acquise. À titre d'exemple : l'obstruction par un calcul urinaire, d'une sténose postopératoire ou inflammatoire, d'une tumeur de la VES, d'un polype fibroépithélial, d'une compression extrinsèque (adénopathies, fibrose rétropéritonéale) [8,9,62]. L'atteinte peut être unilatérale ou bilatérale, et asymétrique [63]. Si elle n'est pas traitée, le SJPU peut entraîner une altération progressive de la fonction du rein [64].

Au niveau congénital, il existe deux grandes catégories à l'origine du SJPU :

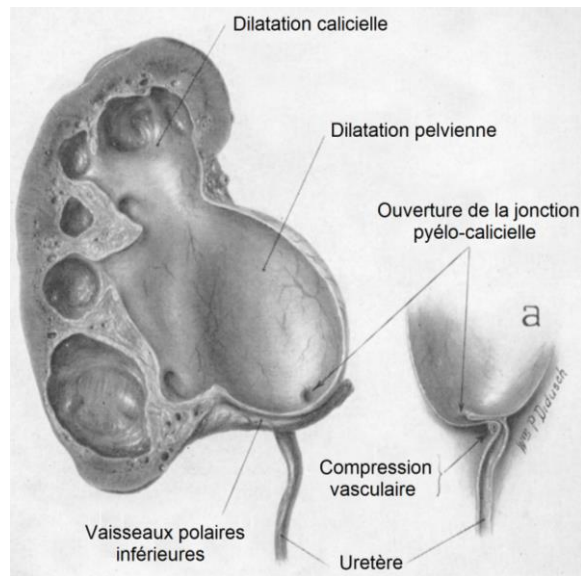
- les causes intrinsèques (les plus fréquentes) avec la présence ;
  - d'un segment apéristaltique de l'uretère qui altère la transmission de l'onde de contraction du pyélon vers l'uretère,
  - d'un segment sténosé, court et rétréci de l'uretère
- les causes extrinsèques avec la présence ;
  - d'un vaisseau polaire croisant la JPU (Figure 13) ;
  - d'une bande fibreuse ou un repli urétéral

### 2.3.4 Diagnostic

#### 2.3.4.1 Clinique

Comme évoqué précédemment, l'étiologie congénitale est la plus fréquente. Le SJPU est suspecté période anténatale et confirmée après la naissance.

Le reste des diagnostics est fait au détour d'un tableau de douleur abdominale, palpation d'une masse abdominale, infection urinaire, hématurie, ou de façon fortuite au cours d'un examen d'imagerie.



*Figure 13. SJPJ par compression extrinsèque des vaisseaux polaires inférieurs (d'après [65]).*

### 2.3.4.2 Imagerie

#### 2.3.4.2.1 Échographie

L'échographie joue un rôle clef dans la prise en charge du SPJU.

Elle peut mettre en évidence une DCPC avec une sténose de la JPU et un uretère fin [66].

La dilatation se traduit par une image anéchogène. Elle correspond à une distension de la cavité pyélique, qui devient arrondie, et communique avec les calices, eux aussi arrondies (Figure 14). En cas de dilatation, le diamètre antéro-postérieur du bassinnet doit être évalué. Toute mesure supérieure à 10 mm est suspecte [8].

Ensuite, l'échographie s'intéresse au parenchyme rénal en évaluant son épaisseur et sa morphologie. En cas de dilatation grave, l'épaisseur diminue, le parenchyme devient hyperéchogène, il existe une perte de différenciation corticomédullaire et des kystes peuvent être visibles.

Le mode doppler peut se relever utile pour la recherche d'une étiologie comme une lithiase (artefact de scintillement, ou encore « effet Arlequin ») ou un vaisseau polaire [66].

#### 2.3.4.2.2 Scintigraphie rénale

Elle sera réalisée, plus ou moins précocement, selon les constatations cliniques et échographiques. Elle permet d'évaluer la fonction rénale différentielle et surtout de la suivre dans le temps. Les résultats guident la prise en charge.

#### 2.3.4.2.3 Urétrocystographie rétrograde et mictionnelle

En cas d'anomalie sur l'uretère, une UCRM sera réalisée. Certains auteurs proposent de la réaliser de manière systématique devant une DCPC. Normalement, l'UCRM ne met pas en évidence de reflux.



*Figure 14. SPJU en échographie sur une coupe sagittale : calices dilatés communiquant avec le pyélon dilaté sans uretère visible, parenchyme aminci en périphérie (d'après [67])*

### **2.3.5 Prise en charge**

Lors d'une découverte d'une DCPC anténatale, il est difficile de définir quels patients vont nécessiter une intervention chirurgicale ou une surveillance simple. Il existe une variabilité dans l'histoire naturelle du SPJU. Certains s'améliorent, d'autres entraînent une altération de la fonction rénale [18,68].

#### **2.3.5.1 Prise en charge médicale**

La mise sous antibiothérapie prophylactique chez les nouveau-nés de manière systématique est pratiquée par certains auteurs [18,54]. De plus en plus, l'approche conservatrice est choisie. Elle consiste en une surveillance régulière, par imagerie et examen fonctionnel [69].

#### **2.3.5.2 Prise en charge chirurgicale**

Une intervention chirurgicale est indiquée en cas [15,18,70] :

- de douleurs de flanc récurrentes ;
- d'infections urinaires à répétition ;
- d'altération de la fonction rénale par l'obstruction ;
- d'aggravation de la fonction rénale sur des contrôles successifs ;
- de poursuite de l'augmentation du diamètre pyélique antéro-postérieur à l'échographie ;
- de dilatation de grade III et IV selon la SFU.

En cas de traitement pour le SJPU, la pyéloplastie est le traitement de référence [9,18]. Elle peut se réaliser sous cœlioscopie ou à ciel ouvert.

L'intervention d'Anderson-Hynes-Küss est la technique classique. Elle consiste en une résection en « raquette » de la JPU, puis une réinsertion de l'uretère à la partie inférieure du bassinet [18,71].

### **2.3.6 Devenir à long terme**

La présence d'un SPJU augmente le risque de lithiase, d'infection urinaire, et de destruction rénale [16].

## 2.4 Méga-uretère obstructif primitif

### 2.4.1 Définition

Le terme MU désigne une dilatation urétérale dont l'étiologie peut être multiple et variée. Il peut être secondaire à un obstacle anatomique ou fonctionnel. L'obstacle se situe au niveau de l'uretère distal, à sa jonction avec la vessie. Le MU est défini par une dilatation de l'uretère supérieure à 7 mm [15,73].

Il peut être primitif quand la dilatation est congénitale. Il est retrouvé dans cette catégorie le méga-uretère congénital obstructif primitif (MCOP) qui est, comme son nom l'indique, primitif et obstructif. Il correspond à la dilatation congénitale de l'urètre en amont d'un segment terminal juxtavésical, macroscopiquement normal et non sténosé, s'opposant à la progression du flux urinaire. Cet obstacle est matérialisé par une terminaison filiforme, en queue de radis, de l'extrémité urétérale.

Il peut être primitif et refluant, il s'agit d'un RVU primitif.

### 2.4.2 Épidémiologie

Le MCOP intéresse plus fréquemment le garçon et siège classiquement du côté gauche. C'est la deuxième cause d'HN néonatale, d'origine obstructive [18,58]. Dans 25 % des cas, les deux côtés sont atteints [74].

Un MU sur deux est découvert à la suite d'une HN anténatale. La régression spontanée survient dans environ 70 % des cas. De ce fait, le traitement sera conservateur en première intention [73].

### 2.4.3 Physiopathologie

Sur le plan histologique, au niveau de l'obstacle, les lésions responsables sont variées : hypertrophie collagénique pure, anomalies des fibres musculaires. L'aspect peut être rigoureusement normal, témoin d'un obstacle entièrement fonctionnel [73].

Au-dessus de l'obstacle, l'uretère se dilate, et s'allonge, puis forme des boucles. La paroi peut s'épaissir. Le péristaltisme est conservé.

Le MCOP est à distinguer des autres MU primitifs en lien avec un abouchement anormal au niveau de la vessie et des MU secondaires ou à un RVU.

Comme dans le cas d'un SJPU, la forme bilatérale est possible.

Dans le MCOP, le retentissement parenchymateux au niveau du rein est moins marqué que dans les obstacles de la JPU [8].

### 2.4.4 Diagnostic

#### 2.4.4.1 Clinique

À l'image du SJPU, le diagnostic peut être évoqué devant la présence d'un uretère dilaté sur l'échographie anténatale, sinon au décours d'une douleur abdominale, d'une hématurie ou d'une infection urinaire.



## 2.4.4.2 Imagerie

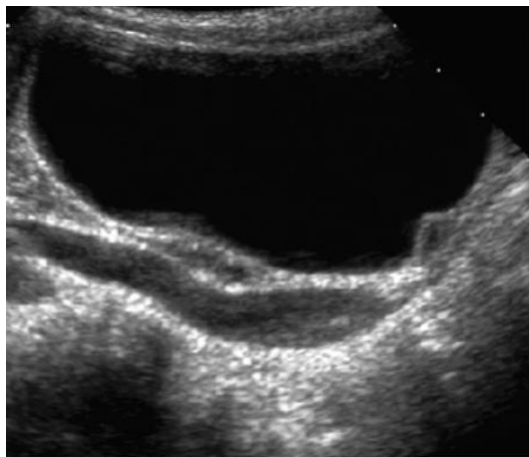
### 2.4.4.2.1 Échographie

En échographie, l'uretère normal n'est jamais visualisé [14].

En cas de MU, elle montre une dilatation pyélo-urétérale, visible jusqu'au niveau de l'abouchement vésical, avec conservation du péristaltisme.

En coupe transversale, l'uretère apparaît sous forme d'images arrondies anéchogènes. Le MU est défini par une dilatation de l'uretère supérieure à 7 mm [15,73].

La persistance du MU lorsque la vessie est vide est un élément capital du diagnostic. Elle permet aussi d'évaluer le péristaltisme de l'uretère en mode M et les jets urétéraux au doppler couleur.



*Figure 15. Coupe échographique sagittale centrée sur la vessie révélant un MU postérieur d'après [75]*

À noter que chez un même enfant les mesures sont variables, celles-ci doivent être confrontées au degré d'hydratation, au degré de remplissage de la vessie et à la fonction rénale.

### 2.4.4.2.2 Urétrocystographie rétrograde et mictionnelle

La réalisation d'une UCRM permet de s'assurer de l'absence d'obstacle cervico-urétral (VUP) ou de RVU.

Elle est recommandée par certains auteurs de façon systématique chez le garçon avec une HN associée à un MU afin d'éliminer la présence de VUP [73].

### 2.4.4.2.3 Scintigraphie

La scintigraphie permet de confirmer le caractère obstructif du MU, surtout si des signes d'HN grave sont associés ou que le MU est d'un diamètre supérieur à 10 mm [76].

## 2.4.5 Prise en charge

Si le drainage des urines est correct, la surveillance reste la meilleure option. Il n'y a pas de consensus pour le suivi conservateur des patients atteints de mégauretères primaires sans reflux. Des investigations à intervalles croissants sont généralement recommandées. [18].

Une antibiothérapie de longue durée pendant les 6 à 12 premiers mois de vie peut être mise en place, devant un risque augmenté d'infection urinaire [77,78].

Le traitement chirurgical de ces MU n'est requis que dans les syndromes obstructifs confirmés :

- symptomatiques récidivants (syndrome fébrile ou douloureux) ;
- asymptomatiques, s'accompagnant ;
  - d'une altération de la fonction rénale différentielle (<40 % sur la scintigraphie) surtout si elle est associée à une HN massive ou progressive,
  - d'une dégradation de la fonction rénale différentielle sur les scintigraphies rénales de contrôle [73],
- La présence d'un RVU associé à un MCOP.

En pratique, les données de la littérature suggèrent qu'un uretère supérieur à 10-15 mm nécessite plus souvent une intervention chirurgicale. Les 2 premières années de vie sont la période de risque le plus élevé pour la chirurgie [18,73,79].

Le traitement chirurgical de référence est la résection de la partie obstructive, et la réimplantation urétérovésicale avec mise en place d'un système anti-reflux, après l'âge de 1 an [18,73,80].

Avant 1 an, cette technique reste difficile. Dès lors, certains proposent la pose de sonde double J de façon temporaire, ou une dilatation au ballon par voie endoscopique, ou l'endoureterotomie, ou urétérostomie cutanée.

De nouveaux traitements peu invasifs, comme le traitement endoscopique avec la pose de stent, représentent une alternative prometteuse [18].

#### **2.4.6 Devenir à long terme**

Sur le plan évolutif, le MCOP est susceptible de régresser spontanément dans les premières années de la vie [8]. Un suivi à long terme est nécessaire, en raison des risques de récurrence de complication chez l'adolescent et l'adulte.

Le MCOP représente un risque de développer des infections urinaires, les lithiases urinaires et une insuffisance rénale [81]. Chez les patients non traités porteurs d'un MCOP, l'incidence des infections urinaires est de 0,94 % par an [73], et 35 % de ces patients nécessitent une hospitalisation [78].

En cas d'opération, le suivi se fait principalement par échographie. La dilatation a tendance à s'améliorer lentement, par conséquent, la première analyse ne doit pas être effectuée avant au moins deux mois de la chirurgie.

## 2.5 Valves de l'urètre postérieur

### 2.5.1 Définition

Les VUP constituent de fins replis muqueux membraneux obstruant la lumière de ce dernier. Elles sont responsables d'une dilatation de l'urètre sous-cervical souvent qualifiée de chambre urétrale prostatique en échographie anténatale.

### 2.5.2 Épidémiologie

Intéressant uniquement le garçon, la fréquence de cette malformation est de 1/6000 naissances [82–84]. Les VUP représentent 10 % des uropathies obstructives prénatales et 40 à 60 % d'entre elles sont diagnostiquées à l'échographie, ce qui permet une prise en charge précoce [84].

Elles constituent la cause la plus fréquente de dégradation rénale bilatérale [84,85] et sont souvent associées à un RVU [86]. Approximativement, un tiers des nourrissons porteurs de VUP développent une insuffisance rénale chronique sévère [18,87].

### 2.5.3 Physiopathologie

Les VUP sont des replis muqueux membraneux qui s'étendent depuis l'urètre prostatique en direction du sphincter externe, et représentent un obstacle dans la lumière urétrale sous le *veru montanum* (Figure 8).

Compte tenu de la précocité de l'obstruction dans l'embryogenèse, elles sont souvent responsables du développement d'une dysplasie rénale ou d'un rein non fonctionnel.

À l'étage vésical, les conséquences sont également importantes avec le développement d'une vessie de lutte comportant un épaississement du détrusor et une hypertonie du col vésical qui devient particulièrement saillant et délimite parfaitement la chambre urétrale prostatique. Toutes les VUP n'ont pas les mêmes conséquences.

Elles sont parfois moins marquées, laissant l'urètre suffisamment perméable pour que n'apparaissent pas *in utero* les dégradations des voies excrétrices et du parenchyme rénal.

### 2.5.4 Diagnostic

#### 2.5.4.1 Clinique

L'examen du nouveau-né recherche un globe vésical, une palpation de gros reins, et l'évaluation de la qualité du jet urinaire.

Les formes symptomatiques se traduiront plutôt par des infections urinaires récidivantes ou des troubles sphinctériens [84].

#### 2.5.4.2 Paraclinique

##### 2.5.4.2.1 Échographie

En anténatale, le diagnostic est évoqué devant une HN bilatérale avec une vessie distendue et épaissie.

À l'échographie postnatale, la dilatation de l'urètre postérieur est pathognomonique de VUP, mais elle est rarement visible. Elle se traduit par une image anéchogène tubulaire sous la vessie, surtout visible en échographie transpérinéale [88]. Les autres

signes visibles sont une paroi vésicale épaissie irrégulière (vessie de lutte, diverticule), un col vésical hypertrophié et une dilatation urétéro-pyélocalicielle bilatérale, avec des reins qui apparaissent dysplasiques [89].

#### 2.5.4.2.2 Urétrocystographie rétrograde et mictionnelle

La suspicion VUP est une indication de réalisation rapide d'une UCRM par voie sus-pubienne en période néonatale, afin de confirmer le diagnostic.

À cette occasion, il est retrouvé lors de l'opacification, une disparité de calibre de l'urètre postérieur, avec une dilatation de la portion sus-jacente. La présence d'un reflux est souvent associée [18,86].

### 2.5.5 Prise en charge

#### 2.5.5.1 Anténatale

Les VUP sont découvertes dans 40 à 60 % des cas avant la naissance [18]. La prise en charge s'effectue dans un service spécialisé, par une équipe multidisciplinaire.

Afin de déterminer quel fœtus doit bénéficier d'une prise en charge intra-utérine. Les paramètres suivants sont évalués :

- la fonction rénale à partir de l'urine fœtale,
- l'aspect du rein,
- le caryotype,
- la présence d'un oligoamnios,
- la biologie urine ; ionogramme, osmolarité,  $\beta$ 2 microglobuline.

L'intervention consiste en la mise en place d'un shunt vésico-amniotique. Une ablation laser de la valve par une cystoscopie fœtale est parfois proposée [18].

#### 2.5.5.2 À la naissance

À la naissance, la priorité est un drainage des urines par la pose d'un cathéter trans urétéral ou sus-pubien.

Le traitement chirurgical consiste en une ablation de la valve par voie cystoscopique. Si cela n'est pas possible devant un enfant instable ou un geste difficile, une cystostomie peut être envisagée.

## 2.6 Diagnostics différentiels

Devant un tableau clinique commun et une association fréquente, le RVU est une uropathie à évoquer.

Ce dernier n'est pas classé dans les uropathies obstructives, car dans celles-ci, il n'existe pas d'obstacle anatomique ; c'est le passage rétrograde de l'urine de la vessie vers l'uretère qui est responsable des atteintes sur l'arbre urinaire (infection urinaire, cicatrice rénale, hypertension, insuffisance rénale).

C'est la deuxième uropathie congénitale, par ordre de fréquence après le SJPU [29].

L'incidence du RVU est de 1 % chez les enfants de moins de 2 ans [18,90]. Parmi les enfants avec une HN anténatale, la prévalence de RVU est de 16,2 % (7-35 %).

L'examen de référence pour le RVU est avant tout l'UCRM ; l'échographie ne permet pas le diagnostic de reflux [8].

## 3 L'examen : Échographie

### 3.1 Généralités

L'échographie utilise des faisceaux d'ondes ultrasonores de fréquence élevée, inaudibles, émis par une sonde et transmis dans les tissus. Ces sons se propagent à des vitesses différentes dans le corps en fonction des tissus qu'ils traversent. Ils se réfléchissent et sont captés par la sonde. L'analyse des sons réfléchis permet de reconstituer une image de la région examinée. Un ordinateur analyse ces informations qui permettent de reconstituer une image en coupe de la région examinée. Le renouvellement de ces images plusieurs fois par seconde permet d'obtenir une image dynamique, où l'on voit en continu l'organe balayé par la sonde, ou les mouvements à l'intérieur du corps. L'échographie est particulièrement contributive dans l'analyse de cavités contenant un liquide : les liquides homogènes ne renvoient pas d'écho, à l'inverse des interfaces. Il est ainsi aisé d'identifier les contours de ces cavités. L'échographie est donc un examen de choix dans l'imagerie des voies urinaires notamment.

Pour l'étude des voies urinaires, l'échographie reste l'examen le plus utilisé chez l'enfant, de par son caractère indolore, non invasif, non irradiant, sa disponibilité et son faible coût [8,91].

### 3.2 Échographie anténatale

Une échographie réalisée sur la femme enceinte peut permettre de visualiser les voies urinaires du fœtus. Les reins sont détectables dès la 15<sup>ème</sup> semaine de gestation et les structures intrarénales entre la 20 et 24<sup>ème</sup> semaine de grossesse [17]. La taille des reins varie en fonction de l'âge gestationnel [16].

L'échographie retrouve des pyramides très échogènes et une jonction cortico-médullaire nette. Les uretères ne sont normalement pas visibles.

La vessie est visible dès la 14 à 16<sup>ème</sup> semaine. Si ce n'est pas le cas, passé ce délai, il peut être considéré comme pathologique. Son volume varie en fonction de l'âge gestationnel [16].

Le diagnostic de DCPC est possible à partir de la 15<sup>ème</sup> semaine de gestation, mais il existe de nombreux faux positifs. De même, il existe des dilatations transitoires.

Différentes classifications anténatales et postnatales ont été proposées pour estimer le risque d'évolution vers une uropathie confirmée (2.2.2.2).

### 3.3 Échographie des voies urinaires postnatale

#### 3.3.1 Indications

En pratique, les indications de l'échographie restent très larges puisqu'elle est réalisée en première intention devant toute anomalie de l'appareil urinaire dépistée en anténatal, toute symptomatologie urinaire, une pyélonéphrite aiguë, un traumatisme abdominal mineur ou la palpation d'une masse abdominale [91]

L'échographie est l'examen de première intention, qui conditionne bien souvent la stratégie diagnostique [91].

### 3.3.2 Conditions de réalisation

L'échographie se réalise en décubitus dorsal puis se poursuit en décubitus latéral droit et gauche, voire en procubitus chez le nouveau-né et le nourrisson, dans de bonnes conditions d'hydratation. L'objectif est de réduire au maximum la distance entre la sonde et l'organe afin d'améliorer la qualité des images [37].

Une échographie complète des voies urinaires se pratique avec plusieurs sondes de fréquences différentes. Idéalement une sonde sectorielle de 5 à 7,5 MHz, une sonde linéaire de 7,5 à 13 MHz et des modules Doppler couleur, Doppler pulsé, et énergie [8,91,92].

### 3.3.3 Critères d'évaluation

#### 3.3.3.1 Le rein

##### 3.3.3.1.1 La taille, la position

L'examen commence par une analyse de la position anatomique des reins et de leur taille. Les diamètres longitudinaux des reins sont mesurés et comparés entre eux et aux valeurs normales chez l'enfant et également rapportés à la taille de l'enfant [93] (Table 1). Une asymétrie de plus de 1 cm de la taille des reins doit faire penser à une duplication, ou à une asymétrie fonctionnelle avec compensation.

Taille (cm)	Âge (mois)	Rein droit (cm)	Rein gauche (cm)
48-64	1-3	35-65	35-65
54-73	4-6	40-70	40-70
65-78	7-9	45-70	45-75
71-92	12-30	50-75	50-80
85-109	38-59	55-80	55-85
100-130	60-83	60-85	60-95
110-131	84-107	65-95	65-100
124-149	108-131	65-100	65-105
137-153	132-155	70-105	70-110
143-168	156-179	75-110	75-115
152-175	180-200	75-110	80-120

**Table 1** Longueur des reins chez l'enfant selon la taille et l'âge (d'après [91])

##### 3.3.3.1.2 Cavités pyélocalicielles

La mesure du bassinet est effectuée sur une coupe axiale oblique (perpendiculaire au grand axe des reins) passant par le hile, entre les lèvres antérieure et postérieure du rein (diamètre antéro-postérieur).

En mode B (balayage), la DCPC est visualisée sous la forme de structures linéaires anéchogènes confluentes au sein du sinus du rein qui se rejoignent au niveau du bassinet [15] (Figure 9). Il peut être aussi observé des calices dilatés présentant un fond concave vers l'extérieur.

Plusieurs classifications ont été proposées afin de :

- uniformiser la terminologie employée pour décrire une DCPC chez le fœtus et l'enfant,
- définir des grades permettant d'évaluer le risque d'avoir ou de développer une uropathie [51].

En pratique, l'importance de la dilatation par évaluation des calices et du parenchyme a plus de valeur que la mesure du bassinet. Cette dernière est néanmoins indispensable dans tout compte-rendu d'échographie rénale compte tenu de son usage routinier.

#### 3.3.3.1.3 Le parenchyme

En échographie, le cortex apparait hyperéchogène alors que les pyramides sont hypoéchogènes [47].

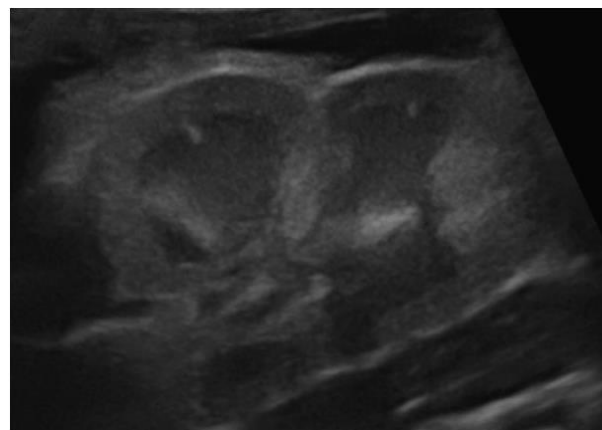
La différenciation corticomédullaire, c'est-à-dire la différence d'échogénicité entre les structures du rein (Figure 17) doit être évaluée. Elle peut être altérée ; signe d'une uropathie (Figure 18).

L'épaisseur du parenchyme est un paramètre important. Le cortex peut se retrouver aminci, par exemple en cas d'HN sévère.

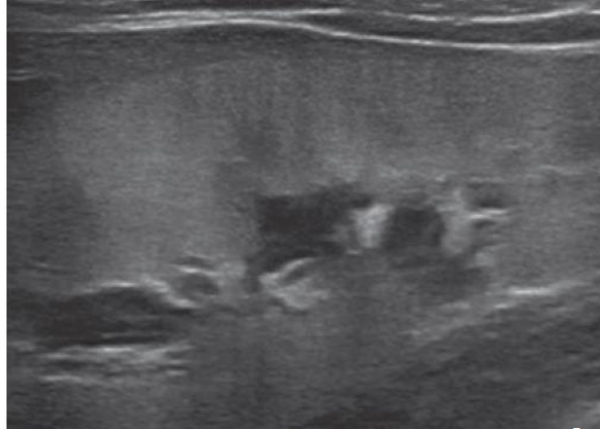
D'autres constatations, comme des kystes ou cicatrices rénales, peuvent être mises en évidence.



*Figure 16. DCPC d'après [11]*



*Figure 17. Rein d'un nouveau-né exploré par voie postérieure. La différenciation corticomédullaire est bien visible, les pyramides apparaissent hypoéchogène d'après [95].*

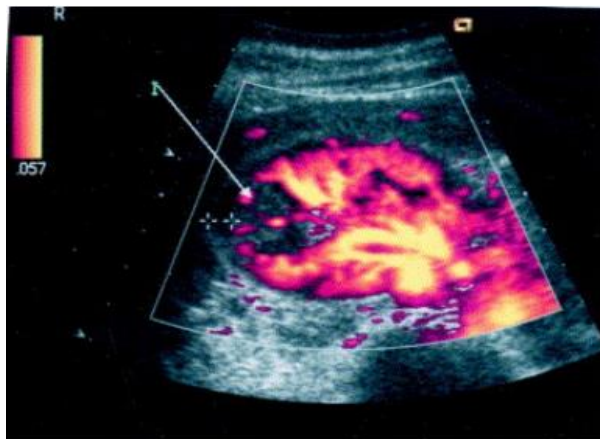


*Figure 18. Échographie rénale d'un enfant de 7 ans, traité pour une VUP. Le rein est petit, hyperéchogène et la différenciation corticomédullaire n'est plus visible d'après [95].*

#### 3.3.3.1.4 La vascularisation

L'utilisation du mode doppler couleur permet l'analyse des limites des vaisseaux, par exemple, pour la recherche d'un vaisseau polaire.

En mode doppler puissance (ou énergie), il est observé la vascularisation périphérique, ce qui permet de mettre en évidence des troubles de la perfusion focale [94].



*Figure 19. Coupe transversale échographique en mode doppler puissance montrant une absence de signal en regard d'une lésion rénale focale d'après [94].*

#### 3.3.3.2 Uretère

En temps normal, les uretères ne sont pas visibles à l'échographie.

Lorsqu'ils le sont, à partir de 5 mm, ils se présentent sous la forme d'une image anéchogène arrondie en coupe transversale (Figure 20) [74].

En mode M, en cas d'uretère apparent, le péristaltisme peut être étudié [94].

En mode B, les jets urétéraux peuvent être observés. Cela se traduit par une image troublée par intermittence du contenu anéchogène de la vessie. En mode doppler couleur, l'observation des jets est facilitée [15] (Figure 21).



L'échographie peut aussi mettre en évidence un calcul au niveau de l'uretère, sous forme d'une zone hyperéchogène intraluminaire qui s'associe à une ombre acoustique [15]. Couplée au doppler couleur, elle se traduit par un artefact de scintillement [96].

### 3.3.3.3 Organe de la miction

La vessie est analysée dans un plan transversal et longitudinal. Il est recherché son volume en réplétion et le résidu post-mictionnel.

En réplétion, la paroi est fine, inférieure à 4 mm. Son épaissement peut témoigner d'une vessie de lutte, associé à la présence de diverticules.

La dilatation de l'urètre postérieur est pathognomonique de VUP ; elle peut être recherchée par une échographie transpérinéale.

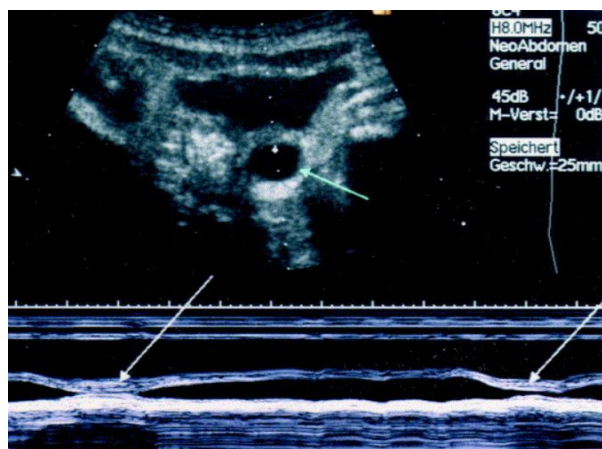


Figure 20. Coupe transversale échographique en regard de la vessie, avec présence d'un MU (petite flèche), et évaluation du péristaltisme de l'uretère en mode M (grande flèche) d'après [94]

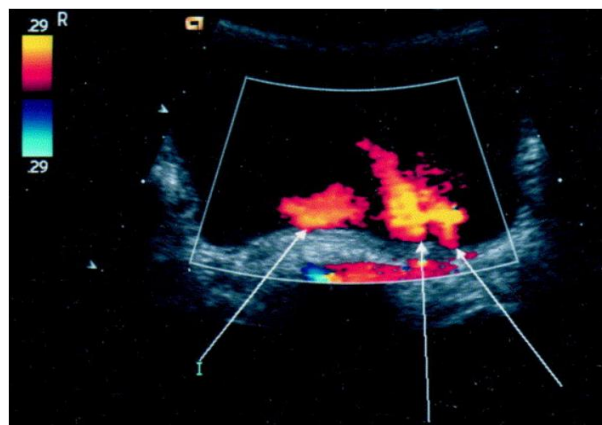


Figure 21. Coupe transversale échographique au niveau de la jonction vésico-urétrale, visualisation des jets urétraux au doppler couleur, révélant une duplication urétrale gauche (flèche).

## 4 L'information médicale

Ce travail de thèse s'intéresse aux échographies réalisées dans certaines pathologies malformatives de l'enfant. Les comptes-rendus de ces échographies rentrent dans le cadre plus général de l'information médicale, que nous allons définir.

### 4.1 Définition de l'information médicale

L'information médicale est définie comme toute information destinée à la réalisation d'une action de nature diagnostique, thérapeutique ou de prévention. Elle est généralement produite par les professionnels de santé et contrôlée par le secteur médical.

L'information joue un rôle central dans la relation entre le médecin et le patient. Elle contribue à une participation active du patient aux soins et elle est indispensable à la notion de consentement [97,98] et de décision médicale partagée [99].

Elle doit être produite et diffusée selon les règles de confidentialité [100], et est soumise à un cadre légal.

### 4.2 Cadres légaux de l'information médicale

#### 4.2.1 Dans la relation médecin malade

Historiquement, la relation médecin-malade était basée sur un rapport d'autorité, et le médecin était mandataire de la décision thérapeutique.

Depuis, le modèle autonomiste à l'anglo-saxonne a détrôné le paternalisme médical [101].

Ceci a été progressivement introduit dans le code de déontologie en 1995 dans l'article 35 (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* » [102]. Ce droit est aussi reconnu à l'échelle internationale [103,104].

Puis avec la loi du 4 mars 2002 dite loi KOUCHNER, le législateur consacre et précise le caractère essentiel de l'information médicale dans la relation médecin malade. Elle renvoie vers plusieurs articles du code de santé publique (CSP) [105] comme :

- L'article L1111-2 du CSP [106], qui encadre le contenu de l'information : « *toute personne a le droit d'être informée sur son état de santé. Cette information porte sur les différentes investigations, traitements ou actions de prévention qui sont proposés, leur utilité, leur urgence éventuelle, leurs conséquences, les risques fréquents ou graves normalement prévisibles qu'ils comportent ainsi que sur les autres solutions possibles et les conséquences prévisibles en cas de refus* » et renvoi par un arrêté aux recommandations de bonnes pratiques établies par la Haute Autorité de santé (HAS) [107] ;
- Ce même article (suscité) précise que « *Les droits des mineurs mentionnés au présent article sont exercés par les personnes titulaires de l'autorité parentale ou par le tuteur, qui reçoivent l'information prévue par le présent article, sous*

*réserve des articles L. 1111-5 et L. 1111-5-1. Les mineurs ont le droit de recevoir eux-mêmes une information et de participer à la prise de décision les concernant, d'une manière adaptée à leur degré de maturité » [108].*

De plus, la loi KOUCHNER confirme une jurisprudence établie par la Cour de cassation depuis 1997 en indiquant qu'il appartient au médecin d'apporter la preuve qu'il a délivré une information satisfaisante au patient [106].

#### **4.2.2 Entre professionnels de santé**

Tout au long de sa prise en charge, le patient doit pouvoir obtenir une information cohérente et non contradictoire.

Pour cela, le CSP rappelle que : « *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* » [109].

D'après l'article L1110-4 du CSP, les professionnels de santé peuvent échanger entre eux des informations relatives à un patient pris en charge de façon commune, à condition « *qu'ils participent tous à sa prise en charge et que ces informations soient strictement nécessaires à la coordination ou à la continuité des soins, à la prévention ou à son suivi médico-social et social* » [110].

#### **4.3 Qualité de l'information médicale**

La mise en place d'une relation médecin-patient de qualité permet une meilleure identification des besoins des patients, de leur perception et de leurs attentes. Ceci passe par une information médicale de qualité.

Celle-ci contribue à la compréhension de la maladie, des risques et avantages des prises en charge. Elle améliore la satisfaction des patients et l'observance [111,112].

En effet, il apparaît que les médecins soucieux de leur communication sont capables de fournir un meilleur soutien à leurs patients. Ils détectent les problèmes plus tôt, préviennent les situations de crise et in fine, réduisent le coût des soins [113].

De plus, plusieurs équipes mettent en avant que des défauts de transmission de l'information entre professionnels de santé, peuvent aboutir à un retard dans les soins, une duplication des services médicaux, une diminution de l'efficacité des prises et une augmentation des coûts [114,115].

Selon la HAS, l'information médicale doit respecter certains critères de qualités, à savoir [107] :

- être transmise par oral ou écrit, et validée par des sociétés savantes par exemple [116] ;
- être synthétique, hiérarchisée, compréhensible par la personne et personnalisée ;
- contenir les bénéfices attendus, inconvénients et leurs risques éventuels ainsi que les alternatives possibles ; des actes ou soins envisagés ;
- inviter le patient à s'exprimer et à poser des questions sur les informations ;
- Il appartient au professionnel de santé de s'assurer que la personne a bien compris l'information qui lui a été délivrée.

Ces critères doivent aussi suivre l'évolution des outils techniques et les habitudes des patients [117].

Actuellement, les supports d'information médicale se multiplient ; les médecins tentent de se les approprier. Ils améliorent la transmission de l'information, mais ne peuvent se substituer au devoir du médecin de fournir une information verbale personnalisée [118].

## 4.4 Information médicale liée au compte-rendu d'imagerie

### 4.4.1 Cadre légal

Chaque examen d'imagerie médicale doit être accompagné d'un compte-rendu médical conformément aux articles 35, 60 et 64 du code de déontologie médicale [119] et repris dans la loi européenne [120]. Il laisse une trace écrite indispensable, médico-légale, qui complète et formalise la communication orale. Il participe au devoir d'information et de transmission des résultats (4.2). Il est aussi un élément exigible pour la facturation [121].

L'article R 1333-66 du CSP énonce que « *le médecin réalisateur de l'acte indique sur un compte-rendu les informations au vu desquelles il a estimé l'acte justifié, les procédures et les opérations réalisées ainsi que toute information utile à l'estimation de la dose reçue par le patient* » concernant les rayonnements ionisants.

### 4.4.2 Contenu du compte-rendu

Le compte-rendu radiologique reste le principal outil de communication du radiologue. Il participe à la prise de décision dans les prises en charge. Il est avant tout mis à disposition du médecin demandeur, mais aussi au patient ou représentant.

Il doit contenir les éléments d'identification (du patient, de l'examen, du radiologue qui l'interprète, du demandeur), la date, et la durée de l'examen [122].

Il doit être parfaitement structuré, précis, descriptif, lisible, concis, et pertinent par rapport à la question posée [123].

Pour cela, il suit une structure :

- Indication [124,125] : Elle rappelle le contexte et la problématique.
- Technique : Les informations techniques de l'appareil (type d'appareil, sa marque, sa date de mise en route, numéro d'agrément), le protocole suivi, le produit de contraste, et les doses de rayonnements délivrés [126]. S'il existe une comparaison avec des examens antérieurs, elle doit être signalée.
- Résultats : paragraphe relativement libre, mais doit rester pertinent. Il est structuré habituellement par organe, et reprend les différents champs : localisation, taille, morphologie, structure, aspect fonctionnel.
- Conclusion : Elle doit être courte, synthétique, sans termes ambigus, et rapporter les anomalies observées. Elle doit répondre à la question posée dans l'indication, proposer des hypothèses rapportées, les conduites à tenir ou examens complémentaires, ainsi que toute situation urgente non prévue (diagnostic, incidents...).

Il peut être associé à de l'iconographie, ainsi qu'à un schéma explicatif [127].

Il doit être relu et signé par le radiologue.

## 5 Objectif

Que ce soit pour le diagnostic, le suivi évolutif ou la prise en charge thérapeutique, l'imagerie médicale joue un rôle central dans les anomalies de l'écoulement des urines chez l'enfant. D'autant plus qu'avec la généralisation de l'imagerie obstétricale, celles-ci sont découvertes avant qu'elles ne deviennent symptomatiques. L'échographie est l'examen de première intention.

Notre hypothèse de travail repose sur la possibilité de déterminer une liste d'attributs qui résume les résultats d'un compte-rendu d'échographie des voies urinaires chez l'enfant porteur d'anomalies de l'écoulement des urines. Cette liste d'attributs peut être ainsi saisie sur un formulaire, et permettre la génération d'un rapport lisible, ainsi qu'une représentation graphique schématique intelligible par le patient.

Les objectifs stratégiques de ce travail sont d'améliorer la coordination des soins entre médecins participant à la prise en charge de ce type d'anomalie, ainsi que la communication des résultats d'examen au patient.

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

- définir le contenu type du compte-rendu d'échographie des voies urinaires ;
- soumettre une solution simple et portable d'interopérabilité pour transmettre cette information structurée à un professionnel équipé d'un logiciel adapté ;
- proposer, sur cette même base, une méthode de génération d'iconographie schématique à destination du patient notamment.

# Article en anglais

## 1 Introduction

### 1.1 Urinary Tract Obstruction in Children

Urinary tract anomalies are the most common fetal malformations, with the prevalence of 1%, account 20% of anomalies detected during pregnancy [128,129]. Congenital obstruction is one of the leading causes of renal failure and high blood pressure in infants and children [130].

Clinical symptoms of obstruction are urinary tract infections, abdominal or flank pain, renal failure, abdominal mass, hematuria, and kidney stones. In more evolved forms, we can find growth retardation, anemia, and hypertension. All these diseases are usually diagnosed by ultrasonography. This shows a dilation of the urine collection and drainage system [36].

Today, uropathies are mainly suspected during pregnancy [23,131]. The widespread use of routine second-trimester ultrasounds has increased the detection of congenital anomalies [132,133]. Hydronephrosis (HN) is a common antenatal finding, occurring 1 to 5% of all pregnancies [16,19,23,28,29].

In the largest European database EUROSCAN, the prevalence of upper urinary tract obstruction is 1.6 per 1000 births. Uretero-pelvic obstruction is the most common with 39 to 64% and vesicoureteral obstruction is 9 to 14% [24,28,134,135]. For lower urinary tract obstruction, the incidence is 2.2 per 10,000 births. Posterior urethral valves (PUV) are the most common at 64% (1.4/10,000 births) [83,136].

Upper urinary tract obstruction, especially if unilateral, is associated with a good outcome. Lower urinary tract obstruction is a disease with high mortality and morbidity [134]. The difficulty relates to the choice of which patient should receive surgical management or just have a conservative follow-up [69,78,87,137].

Ultrasound plays an important role in the detection, diagnosis, evaluation of severity and monitoring of progression. It's non-invasive, easily available, low-cost, fast. It doesn't involve radiation and can be performed directly in bedside manner. Ultrasound aims to reduce invasive and unnecessary examinations without running the risk of missing kidney damage and increasing patient morbidity [37,52].

### 1.2 Medical Information

Information plays a central role in the physician-patient relationship and contribute to the patient's active participation in care. Information is essential to the notion of consent and shared medical decision. This contributes to understanding the disease, the risks and benefits of treatment, and has proven to improve patient satisfaction and compliance [138]. It also contributes to patient empowerment [139].

Graphical representation is also a potential complementary approach to improve the understanding of medical data [140–145].

The radiology report is the primary interface between the radiologist, the patient, and the physician [122]. It must respect quality criteria. It must be perfectly structured, precise, descriptive, readable, brief and relevant to the question asked [146–149].

The traditionally narrative and textual format hasn't changed much since the advent of radiography [147,150]. With the development of digital tools, several authors propose to change the production of imaging report [151–156]. Adding visual data, such as images, to the radiology report improves communication [157–159].

Dy *et al.* showed that patient-centered ultrasound reports were associated with increased parental confidence in understanding important renal ultrasound findings [160]. In addition, there is a desire to standardize data in radiology to promote interoperability [161–166].

### 1.3 Objectives of the Study

The strategic aim of this work is to improve communication between healthcare professionals in the management of urinary tract obstruction in children, as well as communication and patient understanding of the radiology report. To achieve this goal, we have developed a reproducible methodology for standardized ultrasound imaging report in urinary tract obstruction in children consisting of 5 steps [167]:

- (1) Field definition: definition of relevant fields based on literature data with expert validation,
- (2) Data model: semantic and syntactic standardization of data collection in the report,
- (3) Text report: model proposal for automatic text report generation,
- (4) 2D visualization: map proposal for automated production of visualization support for patients,
- (5) QR code: defining a physical interoperability standard printed on the report based on a quick response code (QR code).

## 2 Material & Methods

### 2.1 Field Definition

The field list was defined by mixing the results of two bibliographic reviews and an expert consensus. These three steps are defined hereafter.

#### 2.1.1 Bibliographic Review on Guidelines

We performed a narrative bibliographic review using Medline (at <http://pubmed.gov>), Google, and Google Scholar to identify general guidelines related to medical imaging reports and urinary tract ultrasound in the main causes of obstructive uropathy in particular. We analyzed the recommendations for radiological reporting in general and the legal requirements for medical reporting by analyzing the *Haute Autorité de Santé* (HAS) and the French Health regulation code (*Code de la santé publique*).

#### 2.1.2 Bibliographic Review on Paper Reporting Imaging Results

We searched the Medline database (at <http://pubmed.gov>) for scientific articles relating imaging findings of patients with HN, pelvi-ureteric junction (PUJ), megaureter (MU),

PUV. The objective was to identify the data elements—mostly related to renal US—that the authors considered relevant to report, in order to document their patient database. We used the combination of keywords shown in Table 2, which lead to the Pubmed query shown in Figure 22. Articles were selected on titles and abstract. When appropriate, some articles cited by the selected articles could also be analyzed. The literature search wasn't systematic. To annotate the articles, we created a table summarizing the ultrasound results evaluated.

*Table 2 Definition of key words*

<b>Disease and related</b>	<b>Imaging technique</b>	<b>Population</b>
hydronephrosis	echography	child
hydronephroses	echotomography	childhood
ureteral dilation	ultrasound	children
calyceal dilatation	ultrasounds	infant
PUJ	ultrasonic	pediatric
UPJ	sonography	pediatrics
pelviureteric junction	ultrasonographic	infants
UPJO	ultrasonography	babies
ureteropelvic junction	doppler	baby
pelvi ureteric junction		Neonatal
pelvic distension		
megaureters		
megaureter		
MU		
ureterovesical junction		
distal ureteral stenosis		
obstructive megaureter		
obstructed megaureter		
POM		
non-refluxing megaureter		
posterior urethral valves		
PUV		
obstructive uropathy		
chronic obstruction		
tract dilatation		



```

(("hydronephrosis"[Title/Abstract]) OR ("hydronephroses"[Title/Abstract])
OR ("ureteral dilation"[Title/Abstract]) OR ("calyceal
dilatation"[Title/Abstract]) OR ("PUJ"[Title/Abstract]) OR
("UPJ"[Title/Abstract]) OR ("pelviureteric junction"[Title/Abstract]) OR
("UPJO"[Title/Abstract]) OR ("ureteropelvic junction"[Title/Abstract]) OR
("pelvi ureteric junction"[Title/Abstract]) OR ("pelvic
distension"[Title/Abstract]) OR ("megaureters"[Title/Abstract]) OR
("megaureter"[Title/Abstract]) OR ("MU"[Title/Abstract]) OR
("ureterovesical junction"[Title/Abstract]) OR ("distal ureteral
stenosis"[Title/Abstract]) OR ("obstructive megaureter"[Title/Abstract]) OR
("obstructed megaureter"[Title/Abstract]) OR ("POM"[Title/Abstract]) OR
("non-refluxing megaureter"[Title/Abstract]) OR ("posterior urethral
valves"[Title/Abstract]) OR ("PUV"[Title/Abstract]) OR ("obstructive
uropathy"[Title/Abstract]) OR ("chronic obstruction"[Title/Abstract]) OR
("tract dilatation"[Title/Abstract]) ) AND (("echography"[Title/Abstract])
OR ("echotomography"[Title/Abstract]) OR ("ultrasound"[Title/Abstract]) OR
("ultrasounds"[Title/Abstract]) OR ("ultrasonic"[Title/Abstract]) OR
("sonography"[Title/Abstract]) OR ("ultrasonographic"[Title/Abstract]) OR
("ultrasonography"[Title/Abstract]) OR ("doppler"[Title/Abstract]) ) AND
(("child"[Title/Abstract]) OR ("childhood"[Title/Abstract]) OR
("children"[Title/Abstract]) OR ("infant"[Title/Abstract]) OR
("pediatric"[Title/Abstract]) OR ("pediatrics"[Title/Abstract]) OR
("infants"[Title/Abstract]) OR ("babies"[Title/Abstract]) OR
("baby"[Title/Abstract]) OR ("neonatal"[Title/Abstract]) )

```

*Figure 22. Pubmed request*

### 2.1.3 Definition of Relevant Fields

On the basis of the guidelines identified in Section 2.1.1 and the results reported in the selected articles in Section 2.1.2, we developed a list of items to report. We asked three independent experts to blindly review and critique this list of items. The three experts were an expert radiologist, pediatric surgeon and a general practitioner (GP). We held a consensus meeting to develop the final list of items to report on ultrasound in pediatric urinary tract obstruction.

## 2.2 Data Model

The list of fields was transformed into a data model, and modeled by a UML ("Unified Modeling Language") diagram [168]. We then defined the JSON schema ("Java Script Object Notation" schema, drafts 09–2019) [169] to define each parameter of our data model. From this model, we generated an example of instance (= one example of US result) using the YAML syntax ("Yaml Ain't Markup Language" version 1.2) [170]. YAML allows integrating structured data into a short and readable string representation. Finally, we used the open source web-based e-CRF tool, Goupile [171], to produce a shareable and easy-to-use form for any pediatric urinary tract obstruction ultrasound. The form is intended to produce data according to the JSON Schema and YAML syntax defined above.

## 2.3 Textual Report

We proposed a model to auto-generate a text report from the generated data of a test outcome. This step was intended as a proof of concept, and not a functioning text template.

## 2.4 2D Visualization

We proposed 2D printable paper displays that would represent the usual paraclinical presentations of urinary tract obstruction. We have developed matches between the items defined above and the elements of the graphic display (e.g., number X => diameter of object Y). This representation is designed to be presented separately from the report to provide a support for medical explanation to the patient only.

To demonstrate this procedure, we manually created several examples of 2D models. We presented these models to 10 general practitioners and 8 patients for comments. We enhanced the models in an iterative way. Only the final models are presented here.

In this preliminary study, the goal wasn't to develop the application to automatically generate 2D representations from YAML data, but rather to define a basic model, and to match the possible modification to the previously defined fields.

## 2.5 QR Code

The YAML data serialisation file was converted to a QR Code using a python QR Code generator [172]. It's worth noting that QR Codes 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 [173]. Data retrieval was tested using 4 different models of modern smartphones.

# 3 Results

Table 3 presents the results reported in the scientific articles analyzed. We can observe that articles often report the APD measurement (52%), the SFU classification system (60%), the thickness of the parenchyma (32% which is also evaluated in the SFU classification), the measurement of the kidney (20%) and the ureter diameter (48%). Other parameters such as a thickened bladder wall (8%) or the presence of bilateral dilatation (4%) are more specifically looked for in case of PUV.

**Table 3 Frequently reported outcomes, in clinical studies**

Study	Type study	Population	Size		Dilatation			Grading system			Parenchyme				Ureter	Bladder		Other items	
			Kidney size	Difference between sides of ≥ 10 mm	APD	Bilateral HN	calyceal dilatation	SFU	Onen	UTD	Renal dysplasia—cysts	Hyperecogene parenchyma	Cortico-medullary differentiation	Parenchymal thickness	Ureteral diameter	Thickening of bladder wall	Post-void residual		
Arora <i>et al.</i> 2015 [178]	Prospective study	PUJ	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking		
Ismail <i>et al.</i> 2006 [179]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	
Arena <i>et al.</i> 2018 [180]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Present	Present	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking		
Kis <i>et al.</i> 1998 [181]	Retrospective study		Present	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking		
Fernandez-Ibieta <i>et al.</i> 2016 [182]	Retrospective study		Present	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking		
Lee <i>et al.</i> 2013 [183]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	
Dias <i>et al.</i> 2013 [184]	prospectively followed		Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	
Babu <i>et al.</i> 2019 [185]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	
Liu <i>et al.</i> 1994 [186]	Retrospective study	MU	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Present	Present	Present		
Shukla <i>et al.</i> 2005 [187]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	
McLellan <i>et al.</i> 2002 [188]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking		
Chertin <i>et al.</i> 2008 [189]	retrospective study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking		
Gimpel <i>et al.</i> 2010 [190]	Retrospective study		Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking		
Rubewolf <i>et al.</i> 2016 [191]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking		
Dekirmendjian <i>et al.</i> 2019 [192]	Prospective study		Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking		
Hochart <i>et al.</i> 2016 [193]	Retrospective study	PUV	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Present	Present	Present	Present	Present	Lacking	Urinomas	
Coquillet <i>et al.</i> 2020 [194]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Present	Present	Lacking	Lacking		
Berte <i>et al.</i> 2018 [195]	Retrospective study		Lacking	Present	Present	Present	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Present	Present	Present	Present	Lacking	Lacking		
Koff <i>et al.</i> 1992 [196]	Prospective study	HN	Present	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	agenesie Location of kidney	
Ulman <i>et al.</i> 2000 [197]	Prospective study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking		
Gokce <i>et al.</i> 2012 [198]	Prospective study		Lacking	Lacking	Present	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking		
Hodhod <i>et al.</i> 2016 [199]	Retrospective cohort study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Present	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking		
Braga <i>et al.</i> 2017 [200]	Prospective study		Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking		
Maizels <i>et al.</i> 1992 [201]	Retrospective study		Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Present	Present	Lacking	Lacking		
Romao <i>et al.</i> 2012	Retrospective study		Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Present	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking	Lacking		
<b>TOTAL</b>			<b>20%</b>	<b>8%</b>	<b>52%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>60%</b>	<b>8%</b>	<b>12%</b>	<b>16%</b>	<b>12%</b>	<b>8%</b>	<b>32%</b>	<b>48%</b>	<b>8%</b>	<b>4%</b>		

### 3.1.3 Definition of Relevant Fields

From our review of the literature, frequently reported outcomes in clinical studies (Table 3), and validation by experts, we determined the list of relevant fields. The complete list is described in Table 4. This list is composed of:

- general items,
  - items regarding patient identification, which is mandatory for any radiology report,
  - items regarding the characteristics of the examination,
- description of the urinary system:
  - upper tract: kidney — ureter,
  - lower tract: bladder — urethra,
- description of the dilation of the urinary tract and signs of obstruction, on each side: As mentioned earlier, there is no consensus on the use of a grading system [202]. After expert opinion, it seems more interesting to describe the dilatation by giving reproducible characteristics such as the aspect of the pelvis, calyces, medula and cortex. Thus, with the described information it would be easy to qualify the dilation according to the chosen system if needed,
- orientation and conclusion.

*Table 4 Detailed description of the selected fields*

Entity	Attribute	Type	Cardinality	Graphical Use
Exam	<i>(patient's characteristics)</i>			
	Identifier	String		No
	First name	String		No
	Name	String		No
	Birth	Date		No
	Gender	Categorical		Yes
	<i>(protocol characteristics)</i>			
	Institution	String		No
	Physician	String		No
	Exam date and time	Date		No
	Exam type	Categorical		No
	Device model	String		No
	Device date	Date		No
	Exam Indication	String		No
	<i>(general items on urinary tract)</i>			
	Urinary tract duplication	Categorical		No
	Renal transplant	Categorical		No
	Intraperitoneal effusion	Categorical		No
Upper tract	<i>(results)</i>		1 Result: $0 \leq n \leq 8$	
	Lateralisation	Categorical		Yes
	Upper tract diversion	Categorical		No
	Renal height	Real		Yes
	Renal height evolution	Categorical		No
	Previous renal height	Real		No
	Pelvic dilatation	Categorical		Yes

	Interlabial pelvic diameter	Real		Yes
	Interlabial pelvic diameter evolution	Categorical		No
	Extrasinusal pelvis diameter	Real		No
	Calyceal aspect	Categorical		Yes
	Renal pelvic wall	Categorical		No
	Echogenic content	Categorical		No
	Parenchyma echogenicity	Categorical		Yes
	Corticomedullary differentiation	Categorical		No
	Parenchyma aspect	Categorical		Yes
	Parenchyma thickness	Real		Yes
	Cortical cyst	Categorical		No
	Comment on cysts	String		No
	Ureterocele	Categorical		No
	Ureterocele diameter	Real		No
	Ureteral dilatation	Categorical		Yes
	Diameter of the retrovesical ureter	Real		Yes
	Diameter of lumbar ureter	Real		Yes
	Ureter wall	Categorical		No
	<i>(Lower tract)</i>			
	Bladder filling	Categorical		No
	Diversion	Categorical		No
	Bladder aspect	Categorical		Yes
	Location of the bladder wall defect	Categorical		No
	Bladder wall thickness	Real		Yes
	Bladder contents	Categorical		No
	bladder volume	Real		No
	Post void residual bladder volume	Real		No
	dilated posterior urethra	Categorical		Yes
	<i>(Lithiasis)</i>			
	Lithiasis	Categorical		No
	Comment on lithiasis	String		No
	<i>(conclusion)</i>			
	Conclusion	String		No
	Comment	String		No
	Conclusion validation	Boolean		No

## 3.2 Data Model

From our list of fields, we modeled an UML diagram, shown in Figure 23.

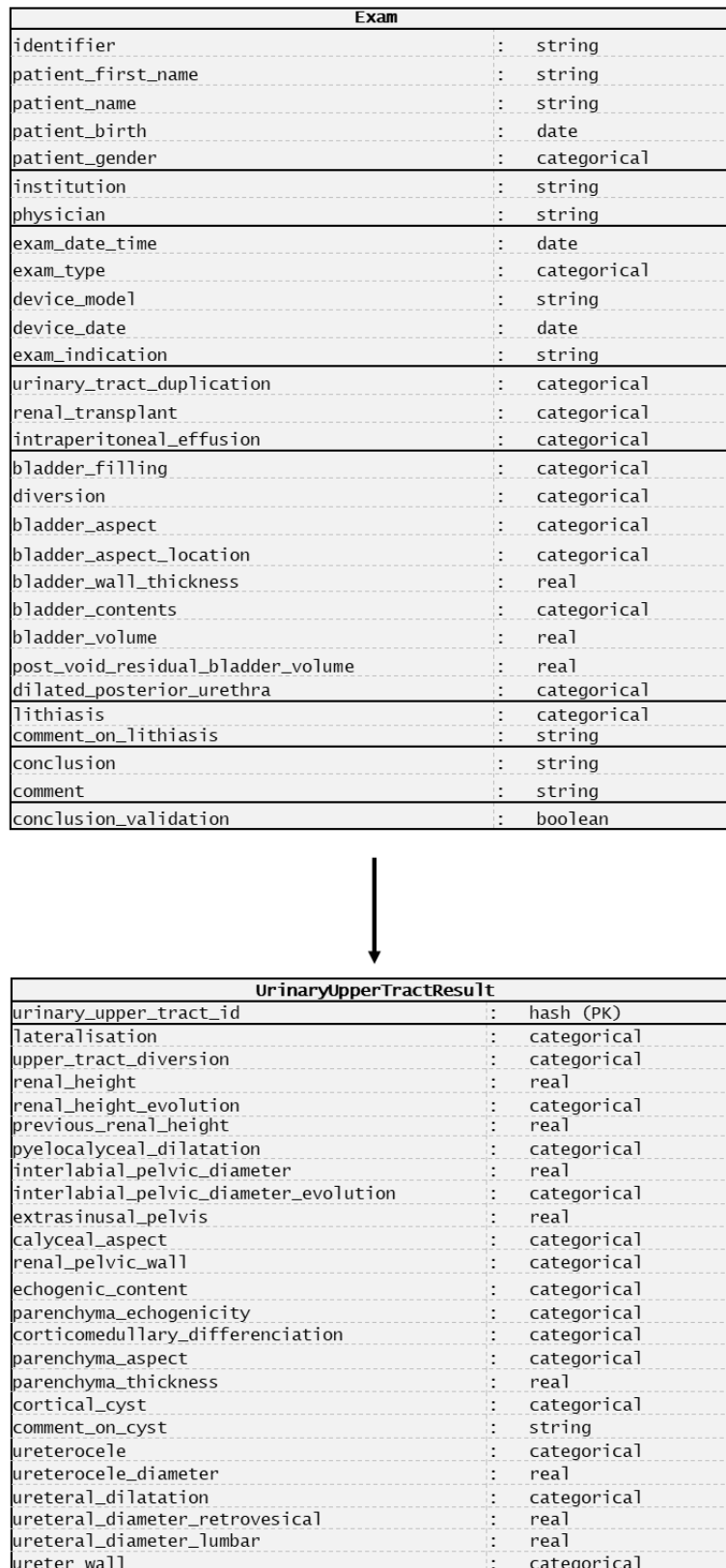


Figure 23. UML Diagram

From the UML diagram, we set up a JSON database schema, which defines for each entity the required properties and values. Figure 24 presents the first lines of the JSON schema. For the complete file, see the appendix n°2.

```
{
  "$schema": "https://json-schema.org/draft/2019-09/schema#",
  "title": "Ultrasound of the urinary tract",
  "type": "object",
  "required": ["patient_first_name", "patient_first_name", "patient_birh",
"conclusion_validation"],
  "properties": {
    "identifier": {
      "type": "string",
      "description": "Patient unique identifier",
      "minLen": 13,
      "maxLen": 13,
      "pattern": "^[0-9aAbB]{13}$"
    },
    "patient_first_name": {
      "type": "string",
      "description": "Patient's first name"
    },
    "patient_name": {
      "type": "string",
      "description": "Patient's name"
    },
    "patient_birh": {
      "type": "string",
      "description": "Date of birth, format yyyy-mm-dd",
      "format": "date"
    },
    "patient_gender": {
      "type": "string",
      "description": "patient's gender",
      "enum": ["male", "female", "NA"]
    },
    "institution": {
      "type": "string",
      "description": "Institution in which the exam is performedn"
    },
    "physician": {
      "type": "string",
      "description": "Physician responsible for the interpretation of the imaging
results"
    },
    "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": ["CT", "US", "Radiography", "Radiography + US", "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"
    },
  },
}
```

**Figure 24. JSON schema (first lines)**

Based on the JSON schema, we imagined a “fictional” ultrasonography report, and produced the corresponding YAML file (Figure 25).

```
%YAML 1.2
---
Exam:
  schema:
    medical_imaging_report/us_urinarytract_obstruction_of_urine_flow/ICIPEMIR_us_urinarytract_obst
    ruption_of_urine_flow.schema.json
  identifier: id12345678910
  patient_first_name: John
  patient_name: Doe
  patient_birth: 2020-01-01
  patient_gender: male
  institution: CHR
  physician: Dr No
  exam_date_time: 2021-03-03T14:14:00
  exam_type: US
  device_model: Logic EX
  device_date: 2020-01-01
  exam_indication: Unilateral left postnatal ureterohydronephrosis. Control after resection
  posterior urethral valves.
  urinary_tract_duplication: "No"
  renal_transplant: "No"
  bladder_filling: full
  diversion: "No"
  bladder_aspect: thickened
  bladder_aspect_location: diffuse
  bladder_wall_thickness: 5
  bladder_contents: anechoic
  bladder_volume: 42
  post_void_residual_bladder_volume: 0
  dilated_posterior_urethra: "No"
  lithiasis: "No"
  comment_on_lithiasis: NA
  intraperitoneal_effusion: "No"
  upper_urinary_tract_result:
    upper_urinary_tract_id: [uut1, uut2]
    lateralisation: [Left, Right]
    upper_tract_diversion: [No, No]
    renal_height: [59, 56]
    renal_height_evolution: [stable, stable]
    previous_renal_height: [NA, NA]
    pyelocalyceal_dilatation: [Yes, No]
    interlabial_pelvic_diameter: [20, 4]
    interlabial_pelvic_diameter_evolution: [Stable, Stable]
    extrasinusal_pelvis: [25, 4]
    calyceal_aspect: [Cup-shaped, No]
    renal_pelvic_wall: [Normal, Normal]
    renal_pelvis_content_echogenicity: [Normal, Normal]
    parenchyma_echogenicity: [Normal, Normal]
    corticomedullary_differentiation: [Decreased, Normal]
    parenchyma_aspect: [short and thin medulla, Normal]
    parenchyma_thickness: [3, 5]
    cortical_cyst: [No, No]
    comment_on_cyst: NA
    ureterocele: [No, No]
    ureterocele_diameter: [NA, NA]
    ureteral_dilatation: [Abdominal + pelvic ureter, No]
    ureteral_diameter_retrovesical: [10, 0]
    ureteral_diameter_lumbar: [15, 0]
    ureter_wall: [Normal, Normal]
  conclusion: Unilateral left ureterohydronephrosis. Integrity of the right kidney
  comment: NA
  conclusion_validation: true
```

*Figure 25. Example of YAML file*

The appendix n°3 shows the creation of an easy-to-use form based on the Goupile tool for ultrasound reports.

All the files are also available on [https://github.com/arthurldp/medical\\_imaging\\_report](https://github.com/arthurldp/medical_imaging_report)



### 3.3 Textual Report

Then we could then provide a template, designed to be fed from the YAML data, and automatically generate a text report. Figure 26 shows an example of a report generated from a pseudo-code based on this template.

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

Exam {exam_type}
{device_model} {device_date}

Indication:
{exam_indication}

Results:

{if intraperitoneal_effusion = "No"}
    No intraperitoneal effusion.
{else}
    presence of an intraperitoneal effusion
...
{foreach urinary_upper_tract_results as uut}

    {[utt]lateralization} kidney:
        The bipolar axis is measured at{renal_height}cm long, (renal_height_evolution)
        compared to the last report. (Previous measure:{previous_renal_height}).

        {if [utt]upper_tract_diversion <> "No"}

            Presence of a urinary tract diversion: [utt]upper_tract_diversion

        {if [utt]pyelocaliceal_dilatation = "No"}
            No pyelocaliceal dilatation
        {else}
            Pyelocaliceal dilatation, with an anteroposterior diameter
            {interlabial_pelvic_diameter_evolution} at {interlabial_pelvic_diameter} mm. The calyces are
            {caliceal_dilatation}.

        {if [utt] corticomedullary_differentiation= "Normal"}
            Normal cortico-medullary differentiation
        {else} {corticomedullary_differentiation} cortico-medullary differentiation

        {if [utt]ureteral_dilatation = "No"}
            Ureter is not visualized, on all its path
        {else}
            Ureter is {ureteral_dilatation} and mesured to {ureteral_diameter_lumbar} mm abdominal
            and {ureteral_diameter_retrovesical} mm retrovesical.

    Lower tract:

        Bladder is {bladder_filling},contents{bladder_contents}, the wall is {bladder_aspect}
        {bladder_aspect_location} and measures {bladder_wall_thickness}. the volume of the bladder is
        {bladder_volume}ml and the post-void residue is {post_void_residual_bladder_volume}ml

        {if dilated_posterior_urethra = "No"}

        {else}
            posterior urethra is dilated
{if lithiasis = "No"}
    Absence of images suggestive of renal or ureteral lithiasis
{else}
    {comment_on_lithiasis}

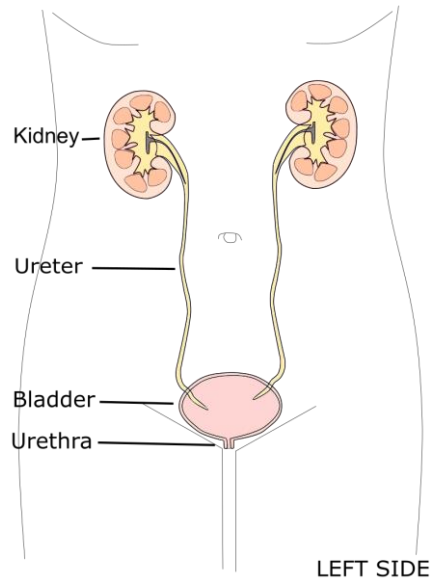
Conclusion:
{conclusion}. {comment}

                                         {physician}
                                         (institution)
```

Figure 26. Example textual report

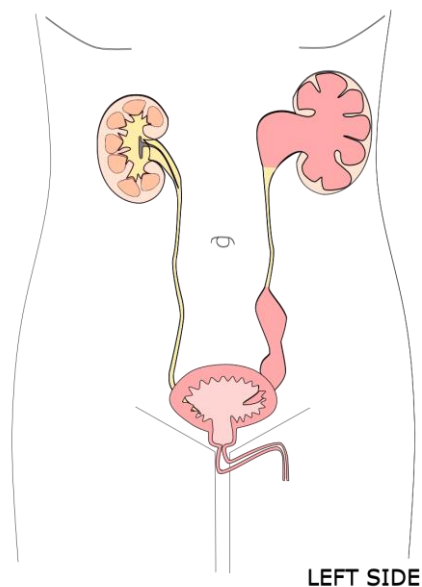
### 3.4 2D Visualization

Below are some examples of a possible schematic representation of an ultrasound report. Figure 27 can be used to represent the results of a normal ultrasound of the urinary tract.



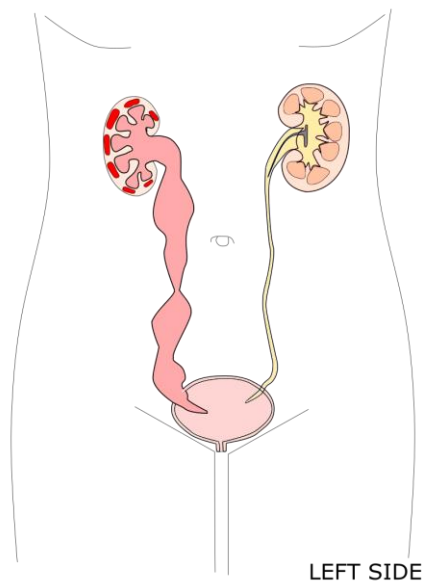
*Figure 27. Example of normal exam (baseline representation for a female patient)*

Figure 28 corresponds to a report for a PUV follow-up. It shows a bladder with a thickened wall, with trabeculations. Posterior urethra is dilated and retrovesical ureter is dilated. The kidney is enlarged, with dilatation of the pyelocalyceal cavities. The calyces are ballooned, the parenchyma is thin and the medulla is no longer visible. On the right there is no abnormality.



*Figure 28. Example n°1*

Figure 29 represents a right MU in a girl. The ureter is fully dilated. The pyelocalyceal system is dilated with blunt calyces. There is a repercussion on the parenchyma which is thin with a short and thin medulla which can be a sign of impairment of renal function.



**Figure 29. Example n°2**

We define a connection between the offered data model, and the elements of graphic representation. If the examination is normal, the schema represented is the one in the Figure 27 for a girl. Then, when certain measurements or parameters of the organ were abnormal, this resulted in a change in the parameters corresponding to the scheme, as shown in Table 5 and Figure 30.

**Table 5 Correspondence between anatomical variation and representation**

Field	Drawing parameter	Type of modification
renal_height	bipolar distance (a)	Increase by a certain factor
interlabial_pelvic_diameter	Pelvic dilatation diameter (b)	Increase by a certain factor
calyceal_dilatation	Appearance of calyces (c)	Changes the appearance of the calyces
parenchyma_echogenicity	Color of parenchyma (d)	Changes the color of parenchyma
parenchyma_aspect	Cortex and medulla aspect (e)	Changes size and color of medulla
parenchyma_thickness	The thickness of the parenchyma (f)	Increase by a certain factor
ureteral_dilatation	Aspect of ureter portion (g)	Changes the portion of the ureter affected

ureteral_diameter_retrovesical	Diameter of retrovesical ureter (h)	Increase by a certain factor
ureteral_diameter_lumbar	Diameter of lumbar ureter (i)	Increase by a certain factor
bladder_aspect	Shape of bladder (j)	Changes the appearance of bladder wall
bladder_wall_thickness	The thickness of the bladder (k)	Increase by a certain factor
dilated_posterior_urethra	Aspect of posterior urethra (l)	Changes the appearance of the urethra
patient_gender	Gender of the patient (m)	Changes the appearance of the urethra according to gender

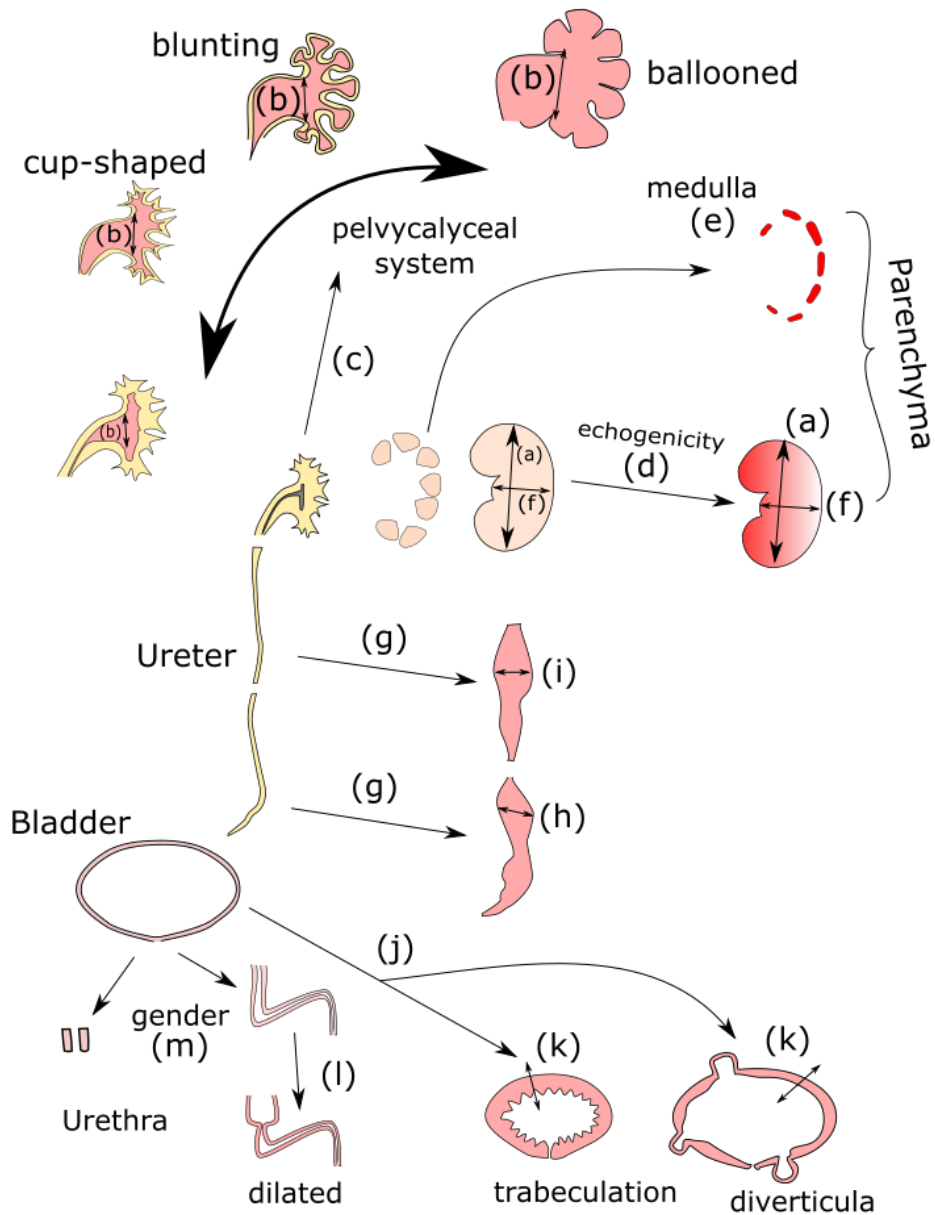
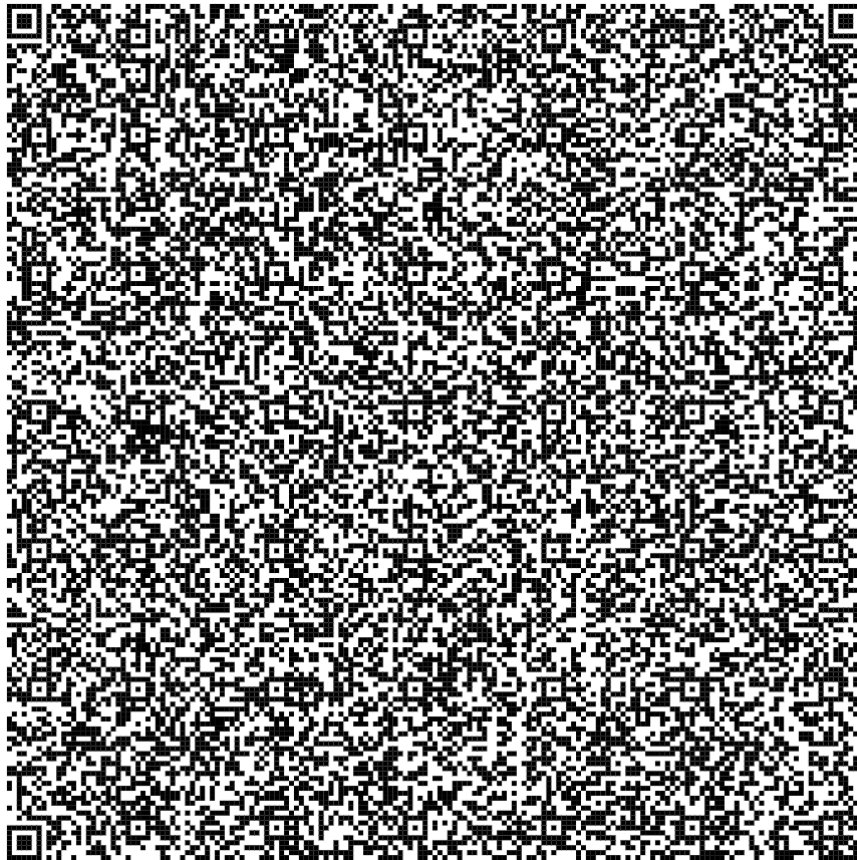


Figure 30. Exploded view of drawing parameters

### 3.5 QR Code

The example YAML file was encoded in a QR Code as shown in Figure 31, containing 2102 characters text file, with a 15% error correction level.



*Figure 31. QR Code embedding an example of YAML file, describing an exam result*

A test was conducted with 10 smartphones, 8 of them had a non-native application and 2 of them had a native QR code reader application. Data recovery was successful in 10 out of 10 tests.

We generated a smaller QR Code with an URL link to the JSON schema (Figure 32), intended to appear in the generated report.



*Figure 32. QR Code embedding the URL to the JSON schema*

## 4 Discussion

### 4.1 Comparison with other articles

In order to improve communication between health professionals, we have developed a replicable method of ultrasound reporting of urinary tract obstruction in children.

We extracted from the literature the significant parameters in the main etiologies of urinary tract obstruction: PUJ, MU, PUV, and antenatal HN. This literature-based approach is highly valid, but to bring us closer to current practice, we have optimized the parameters with expert opinion.

Our report shares the characteristics of the few examples found in the medical literature [174,175], (mainly for the assessment of HN) and allows to focus on both the diagnosis, and the follow-up of urinary tract obstruction.

Regarding didactic reports, Dy *et al.* prepared a copy for parents, collecting the opinion of 18 experts. They sought to determine the significant parameters in the management of antenatal HN. The parameters that emerged were consistent with those selected by our methodology. The parents' opinion was then sought for the choice of representations. This type of report seems to improve the understanding of the severity of the pathology [160]. However, from our point of view, this type of report can't replace an explanatory interview with a physician.

In the same sense, the literature shows that the visual representation of health data improves the understanding of certain concepts, such as risk factors [203,204].

Schöppe *et al.*, show that the use of a structured report in a clinical situation is interesting. [150].

In terms of data transfer, we found one study on the use of QR codes, but this was done with a stream of successive QR codes in video and not in paper format [205]. In France, we can cite the “*Prescription Électronique de Médicaments 2D*” project, being deployed from 2019 to 2022, for the implementation of certified digital prescriptions transmitted by QR code [206]. In recent news, several countries have implemented health passports to fight the COVID-19 pandemic. Some of them use the QR code, for the data integration and the transmission of health information.

### 4.2 Limits

The review of the literature revealed a lack of consensus on the discriminating criteria for the management of urinary tract obstruction in children.

Numerous classifications have been proposed to assess the risk of progression following the discovery of a HN.

In terms of visualization, a representation based on a categorical classification of risk should probably facilitate better transmission of information. Only following our methodology and after expert advice, we preferred to describe each structure in the dilations.

Thus, with our standardized form, it would be easy to return to the chosen classification from the separated measures.

Concerning our report, it was evaluated by only a radiologist, a pediatric surgeon specialized in urology and a general practitioner, which allowed us to quickly set up a standard item proposal in accordance with the literature. This method can lead to biases due to the personal practices of each individual.

However, the parameters identified by the method and chosen by the experts remain consistent with the literature.

This data model is intended to be adaptive, and feedback will be used to improve it.

Even though we used appropriate medical terminologies to describe our parameters, we didn't compel our data model to international terminology standards (and code) such as SNOMED CT, or others interoperability standards such as HL7-FIHR or open-HER [207–209]. Some of the information included in these imaging reports are very precise items, specific for each exam and/or disease, and we wanted to stick to the terms reported in medical literature and expert's habits. It would be an interesting to match this data model to existing international terminology standards, if possible.

The use of QR codes raises the question of information security. In theory, a QR code isn't falsifiable since any modification of the data that compose it, leads to a change of its visual presentation, However, the user may be exposed to a risk of substitution and be directed to malicious URLs (Uniform Resource Locators). [173]. Moreover, the use of a unique QR code for the transmission of information imposes a limit on the number of numeric or alphanumeric characters that compose it.

Our production remains to be evaluated in a real-life clinical situation, as it's still in the proof-of-concept phase.

### 4.3 Perspectives

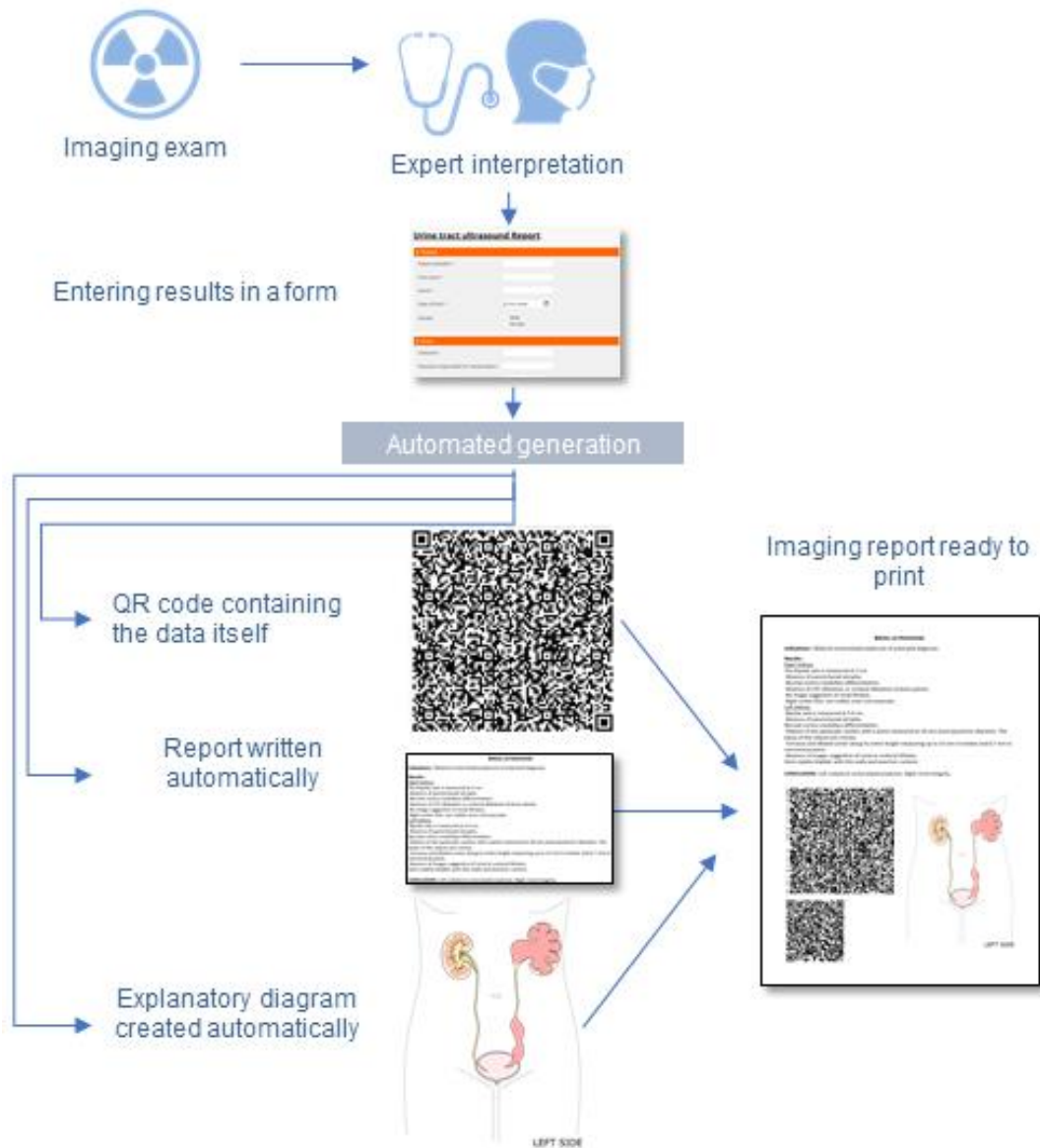
In current practice, the use of diagrams is a very useful didactic tool. Unfortunately, the production of this graphical representation remains time-consuming, non-standardized, and poorly evaluated.

With our method and the possibility of producing a standardized report with a validated diagram, we hope to improve the quality of the information transmitted to the patient. The implementation of a functional tool is being designed by a dedicated team. It will then be submitted to patients for evaluation, but also to general practitioners, and radiologists.

The QR code seems to find an interest in the transmission of health information in the recent news, this goes hand in hand with the constant computerization in this field and the difficulties of physical interoperability. The initial choice of this medium seems reinforced by this trend, and we believe it remains a tool that can be easily integrated into medical software [173].

The purpose of our project is to produce a form which, once filled in by the radiologist, will automatically produce a printable file containing the structured report of the ultrasound, the didactic diagram, a QR code containing the data of the examination as well as another QR code containing JSON allowing to exploit these data [167].

The Figure 33 represents in a schematic way our project, with the intended workflow.



**Figure 33. Target workflow**



# Discussion en français

## 1 Comparaison à la littérature

Afin d'améliorer la communication entre les professionnels de santé, nous avons développé une méthode reproductible de compte-rendu d'échographie dans les anomalies de l'écoulement des urines chez l'enfant.

Dans un premier temps, nous avons extrait de la littérature les paramètres significatifs existants dans les principales étiologies d'anomalies de l'écoulement des urines que sont : le SPJU, le MU, les VUP, et l'HN anténatale. Cette approche, basée sur la littérature, est hautement valable, mais pour nous rapprocher de la pratique courante, nous avons, en second lieu, adapté et enrichi les paramètres sur avis d'expert. Au final, notre compte-rendu partage les caractéristiques des quelques exemples trouvés dans la littérature médicale (principalement pour l'évaluation de l'HN) [174,175].

Concernant les comptes-rendus didactiques, Dy *et al.* ont établi un exemplaire à l'attention des parents, en récoltant l'avis de 18 experts. Ils cherchaient à déterminer les paramètres significatifs dans la prise en charge des HN de découverte anténatale. Les éléments qui en ressortent concordent avec ceux sélectionnés par notre méthodologie. L'avis des parents a ensuite été demandé pour le choix des représentations. Ce type de compte-rendu semble améliorer la compréhension de la gravité de la pathologie [160]. Mais de notre point de vue, ce support ne peut toutefois pas se substituer à un entretien explicatif avec un médecin.

Dans le même sens, il ressort de la littérature que la représentation visuelle de données de santé améliore la compréhension de certaines notions, comme les facteurs de risque [203,204]. Sur le plan du rapport structuré, Schöppe *et al.* montrent que son utilisation présente un intérêt dans la prise de décision clinique [150].

En termes de transfert de données, il existe une étude sur l'utilisation de QR codes, mais celle-ci a été réalisée avec un flux de QR codes successifs en vidéo et non en format papier [205]. À l'échelle nationale, nous pouvons citer le projet « Prescription Électronique de Médicaments 2D », en cours de déploiement de 2019 à 2022, pour la mise en place de prescription numérique certifiée et transmise par QR code [206]. Ainsi que la mise en place récente du pass-sanitaire en période de pandémie de Covid-19.

## 2 Forces et limites de l'étude

Sur les critères retenus, la revue de la littérature a mis en évidence un manque de consensus sur les paramètres discriminants dans la prise en charge des anomalies de l'écoulement des urines chez l'enfant.

Cette absence de consensus se retrouve aussi au niveau des nombreuses classifications avancées pour évaluer le risque d'évolution à la suite de la découverte d'une HN. Une représentation basée sur une classification catégorielle du risque doit probablement favoriser une meilleure compréhension de l'information. Seulement, suivant notre méthodologie et après avis d'experts, nous avons préféré décrire chaque

mesure ou structure en cas de dilatation des voies urinaires. Ainsi, avec notre formulaire standardisé, il sera possible de revenir à la classification choisie à partir des mesures. Cette méthode a toutefois pour conséquence la multiplication des paramètres à définir.

À propos du compte-rendu, nous avons décidé de ne le faire évaluer que par un faible nombre de professionnels, à savoir : un radiologue, un chirurgien pédiatrique spécialisé en urologie et un médecin généraliste. L'avantage est que cela a permis de mettre rapidement en place une proposition d'items types en accord avec la littérature. Bien que cette façon de procéder puisse entraîner des biais à cause des pratiques personnelles de chacun, les paramètres qui ont été identifiés et choisis par les experts restent cohérents avec la littérature.

Afin d'alléger et faciliter la compréhension de notre compte-rendu, nous avons utilisé des terminologies médicales appropriées pour décrire nos paramètres, sans toutefois le contraindre aux normes (et codes) terminologiques internationales telles que la SNOMED CT, ou à d'autres normes d'interopérabilité telles que HL7-FIHR ou openHER.

Il convient de noter que ce modèle de données n'est pas figé, mais se veut au contraire adaptatif et évolutif. Les retours d'expériences seront d'ailleurs notamment l'occasion d'y apporter des améliorations.

L'utilisation de QR codes pose la question de la sécurité de l'information. En théorie, un QR code n'est pas falsifiable puisque toute modification des données qui le compose, entraîne un changement de sa présentation visuelle. Cependant, l'utilisateur peut être exposé à un risque de substitution et se retrouver orienté vers des URL (Uniform Resource Locator) malveillantes.

De plus, l'utilisation d'un QR code unique pour la transmission des informations impose une limite du nombre de caractères numériques ou alphanumériques qui le compose.

Notre production reste à évaluer au cours d'une situation clinique concrète ; à date, elle est toujours en phase de preuve de concept.

### 3 Perspectives

En pratique courante, l'utilisation d'un schéma est un outil didactique très utile. Malheureusement, sa production reste chronophage, non standardisée, et peu évaluée.

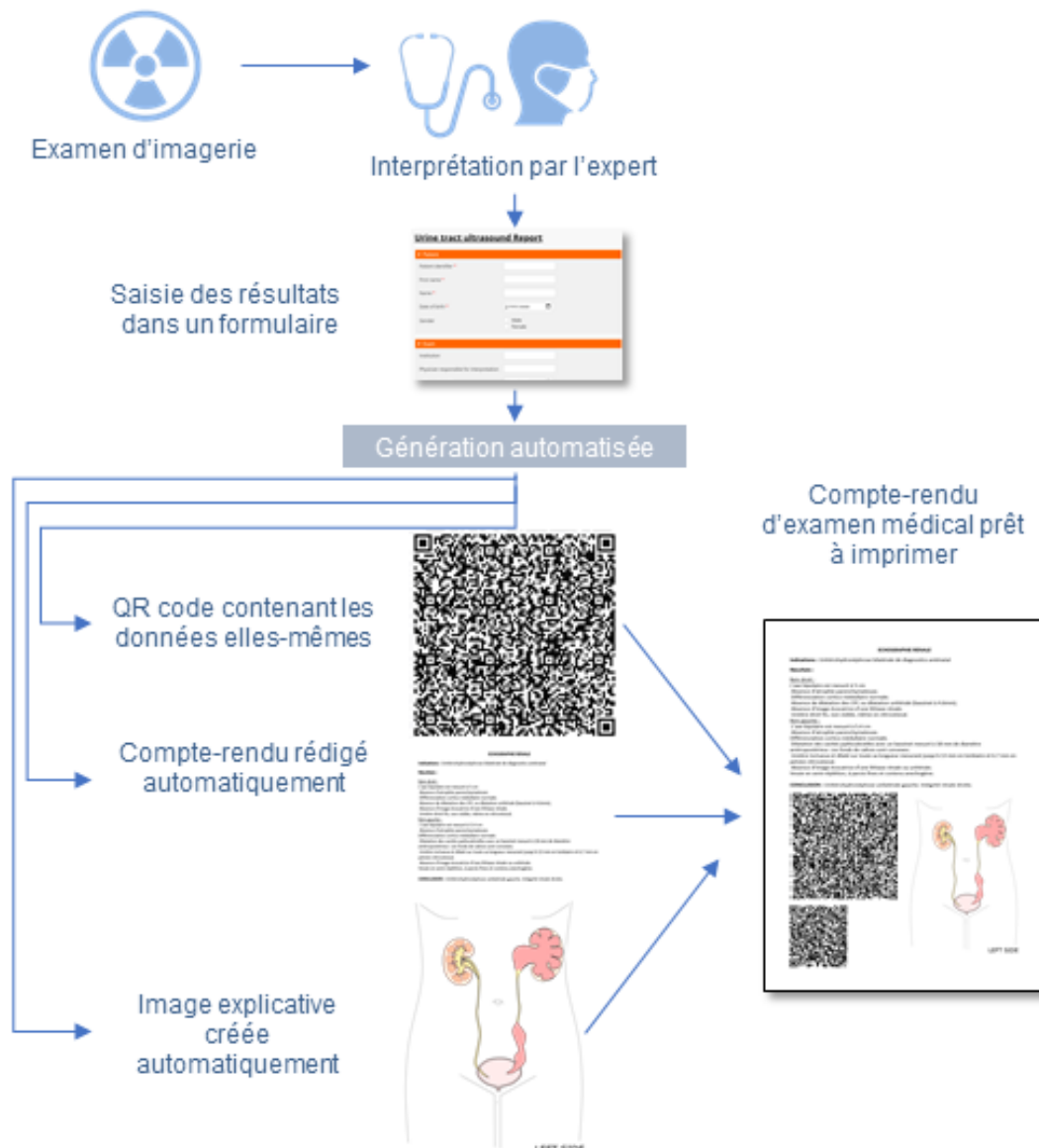
Avec notre méthode et la possibilité d'une production d'un compte-rendu standardisé incluant un schéma validé, nous espérons pouvoir améliorer la qualité de l'information transmise. La mise en place d'un outil fonctionnel est en cours de conception par une équipe dédiée. Celui-ci sera soumis ensuite aux patients pour évaluation.

Suivant l'actualité récente, il apparaît intéressant de recourir au QR code en vue de la transmission d'informations de santé. Ceci va de pair avec la constante informatisation dans ce domaine. Le choix de ce support suit cette tendance et nous semble un outil pratique et facilement intégrable aux logiciels médicaux.

Notre projet a pour finalité de produire un formulaire qui, une fois rempli par le radiologue, produira automatiquement un fichier imprimable contenant :

- le compte-rendu structuré de l'échographie,
- le schéma didactique,
- un premier QR code abritant les données de l'examen,
- un second QR code comprenant le schéma JSON afin d'exploiter ces données.

La Figure 34 représente de façon schématique notre projet.



*Figure 34. Modèle cible de notre travail*

# Liste des tables

Table 1 Longueur des reins chez l'enfant selon la taille et l'âge (d'après [91]).....	30
Table 2 Definition of key words.....	40
Table 3 Frequently reported outcomes, in clinical studies .....	43
Table 4 Detailed description of the selected fields.....	44
Table 5 Correspondence between anatomical variation and representation .....	51

# Liste des figures

Figure 1. Rein in situ après exérèse des viscères — vue antérieure (d'après [1]).....	8
Figure 2. Glande surrénale et rein polylobulé chez l'enfant (d'après [1]).....	9
Figure 3. Rein droit coupé sur plusieurs plans, montrant le parenchyme et le pelvis rénal (d'après [1]) .....	10
Figure 4. Artères intrarénales et segments rénaux, coupe frontale du rein gauche, vue antérieure (d'après [1]) .....	11
Figure 5. Néphron et tube collecteur : schéma (d'après [1]).....	12
Figure 6. Vue antérieure de l'uretère (d'après [2]).....	12
Figure 7. Jonction urétérovésicale. 1. Détrusor plexiforme ; 2. Détrusor circulaire ; 3. Détrusor longitudinal ; 4. Muqueuse ; 5. Fascia pelvien viscéral ; 6 : Segment juxtavésical ; 7 : Segment intramural ; 8 : Segment sous-muqueux (d'après [7]).....	13
Figure 8. Prostate et vésicules séminales (d'après [1]). .....	14
Figure 9. A. Dilatation rénale majeure avec amincissement du parenchyme rénal en coupe longitudinale échographique. B. Mesure du diamètre antéro-postérieur du rein au niveau du hile sur une coupe échographique transversale du rein (d'après [34]).	16
Figure 10. UCRM montrant un RVU bilatéral (d'après [43]).....	19
Figure 11. Système de classification échographique de l'HN postnatale proposé par la SFU. Grade 0 : Échographie considérée comme normale (non présenté) ; Grade 1 : Dilatation du bassinnet sans dilatation des calices ; Grade 2 : Dilatation complète du bassinnet et des calices majeurs ; Grade 3 : Dilatation complète du bassinnet et de l'ensemble des calices sans signe d'atteinte du parenchyme ; Grade 4 : Amincissement du parenchyme d'après [48].....	19
Figure 12. Proposition de prise en charge postnatale suite à la découverte d'une HN foétale d'après [53].....	20
Figure 13. SJPU par compression extrinsèque des vaisseaux polaires inférieurs (d'après [65]). .....	22
Figure 14. SPJU en échographie sur une coupe sagittale : calices dilatés communiquant avec le pyélon dilaté sans uretère visible, parenchyme aminci en périphérie (d'après [67]).....	23
Figure 15. Coupe échographique sagittale centrée sur la vessie révélant un MU postérieur d'après [75].....	25
Figure 16. DCPC d'après [11].....	31
Figure 17. Rein d'un nouveau-né exploré par voie postérieure. La différenciation corticomédullaire est bien visible, les pyramides apparaissent hypoéchogène d'après [95]. .....	31
Figure 18. Échographie rénale d'un enfant de 7 ans, traité pour une VUP. Le rein est petit, hyperéchogène et la différenciation corticomédullaire n'est plus visible d'après [95]. .....	32

Figure 19. Coupe transversale échographique en mode doppler puissance montrant une absence de signal en regard d'une lésion rénale focale d'après [94]. .....	32
Figure 20. Coupe transversale échographique en regard de la vessie, avec présence d'un MU (petite flèche), et évaluation du péristaltisme de l'uretère en mode M (grande flèche) d'après [94] .....	33
Figure 21. Coupe transversale échographique au niveau de la jonction vésico-urétrale, visualisation des jets urétraux au doppler couleur, révélant une duplication urétrale gauche (flèche).....	33
Figure 22. Pubmed request .....	41
Figure 23. UML Diagram .....	46
Figure 24. JSON schema (first lines).....	47
Figure 25. Example of YAML file .....	48
Figure 26. Example textual report.....	49
Figure 27. Example of normal exam (baseline representation for a female patient) .	50
Figure 28. Example n°1 .....	50
Figure 29. Example n°2 .....	51
Figure 30. Exploded view of drawing parameters.....	52
Figure 31. QR Code embedding an example of YAML file, describing an exam result .....	53
Figure 32. QR Code embedding the URL to the JSON schema.....	53
Figure 33. Target workflow .....	56
Figure 34. Modèle cible de notre travail.....	59

# Références

- [1] Netter FH, SCOTT J, others. Atlas d'anatomie humaine. Elsevier Health Sciences; 2019.
- [2] Pierre Kamina. Anatomie clinique Tome 4 Organes urinaires et génitaux pelvis - coupes du tronc. MALOINE. 2014.
- [3] Henry N, Sèbe P. Anatomie des reins et de la voie excrétrice supérieure. EMC - Néphrologie 2006;1:1–10. [https://doi.org/10.1016/S1762-0945\(08\)44011-1](https://doi.org/10.1016/S1762-0945(08)44011-1).
- [4] Sampaio FJB. RENAL ANATOMY: Endourologic Considerations. Urol Clin North Am 2000;27:585–607. [https://doi.org/10.1016/S0094-0143\(05\)70109-9](https://doi.org/10.1016/S0094-0143(05)70109-9).
- [5] Lippert H, Pabst R. Arterial Variations in Man: Classification and Frequency. J.F. Bergmann-Verlag München; 1985.
- [6] Gueutin V, Deray G, Isnard-Bagnis C. Physiologie rénale. Bull Cancer (Paris) 2012;99:237–49. <https://doi.org/10.1684/bdc.2011.1482>.
- [7] Teklali Y, Peilleron N, Rabattu PY, Boillot B. Traitement du méga-uretère congénital obstructif primitif. Datatraitest0241-53651 2015.
- [8] Chateil J, Brisse H, Dacher J. [Ultrasound in pediatric urology]. J Radiol 2001;82:781–800; discussion 801-802.
- [9] Doizi S. Syndrome de la jonction pyélo-urétérale. Wwwem-Premiumcomdatatraitessurl18-50612 2016.
- [10] Garrett WJ, Kossoff G, Osborn RA. The diagnosis of fetal hydronephrosis, megaureter and urethral obstruction by ultrasonic echography. Br J Obstet Gynaecol 1975;82:115–20. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.1975.tb02207.x>.
- [11] Delavaud C, Hélénon O. Imagerie ultrasonore du rein et des voies urinaires. Wwwem-Premiumcomdatatraitessnep18-49038 2018.
- [12] Veyrac C. Anomalies congénitales du rein et de la voie excrétrice supérieure chez l'enfant. EMC - Radiol 2004;1:491–541. <https://doi.org/10.1016/j.emcrad.2004.05.001>.
- [13] Vivier P-H, Augdal TA, Avni FE, Bacchetta J, Beetz R, Bjerre AK, et al. Standardization of pediatric urological terms: a multidisciplinary European glossary. Pediatr Radiol 2018;48:291–303. <https://doi.org/10.1007/s00247-017-4006-7>.
- [14] Diallo P, Jacquemard F, Kieffer F, Mirlesse V, Romand S, Thulliez P. Pathologie urinaire foetale. Wwwem-Premiumcomdatatraitesspem04-39321 n.d.
- [15] Ravel A, Cassagnes L, Boyer L. Syndrome obstructif du haut appareil urinaire. Wwwem-Premiumcomdatatraitessr534-57183 2019.
- [16] Lemelle J-L, Schmitt M, Didier F. Hydronéphrose de révélation anténatale. Wwwem-Premiumcomdatatraitessurl18-19704 n.d.
- [17] Bowie JD, Rosenberg ER, Andreotti RF, Fields SI. The changing sonographic appearance of fetal kidneys during pregnancy. J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med 1983;2:505–7. <https://doi.org/10.7863/jum.1983.2.11.505>.

- [18] Radmayr C, Bogaert G, Dogan HS, Nijman JM, Silay MS, Tekgül S. EAU Guidelines on Paediatric Urology, Amsterdam: 2020.
- [19] Coplen DE, Austin PF, Yan Y, Dicke JM. Correlation of prenatal and postnatal ultrasound findings with the incidence of vesicoureteral reflux in children with fetal renal pelvic dilatation. *J Urol* 2008;180:1631–4; discussion 1634. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2008.04.083>.
- [20] 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.
- [21] Corteville JE, Gray DL, Crane JP. Congenital hydronephrosis: correlation of fetal ultrasonographic findings with infant outcome. *Am J Obstet Gynecol* 1991;165:384–8. [https://doi.org/10.1016/0002-9378\(91\)90099-d](https://doi.org/10.1016/0002-9378(91)90099-d).
- [22] Coplen DE, Austin PF, Yan Y, Blanco VM, Dicke JM. The magnitude of fetal renal pelvic dilatation can identify obstructive postnatal hydronephrosis, and direct postnatal evaluation and management. *J Urol* 2006;176:724–7; discussion 727. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2006.03.079>.
- [23] Liu DB, Armstrong WR, Maizels M. Hydronephrosis: Prenatal and Postnatal Evaluation and Management. *Clin Perinatol* 2014;41:661–78. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2014.05.013>.
- [24] Morris JK, Springett AL, Greenlees R, Loane M, Addor M-C, Arriola L, et al. Trends in congenital anomalies in Europe from 1980 to 2012. *PLoS One* 2018;13:e0194986. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194986>.
- [25] Lee RS, Cendron M, Kinnamon DD, Nguyen HT. Antenatal hydronephrosis as a predictor of postnatal outcome: a meta-analysis. *Pediatrics* 2006;118:586–93. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-0120>.
- [26] Blyth B, Snyder HM, Duckett JW. Antenatal diagnosis and subsequent management of hydronephrosis. *J Urol* 1993;149:693–8. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)36185-2](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)36185-2).
- [27] Thomas D f. m. Fetal Uropathy. *Br J Urol* 1990;66:225–31. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.1990.tb14917.x>.
- [28] Ismaili K, Hall M, Donner C, Thomas D, Vermeylen D, Avni FE. Results of systematic screening for minor degrees of fetal renal pelvis dilatation in an unselected population. *Am J Obstet Gynecol* 2003;188:242–6. <https://doi.org/10.1067/mob.2003.81>.
- [29] Ismaili K, Avni FE, Wissing KM, Hall M, Brussels Free University Perinatal Nephrology Study Group. Long-term clinical outcome of infants with mild and moderate fetal pyelectasis: validation of neonatal ultrasound as a screening tool to detect significant nephrouropathies. *J Pediatr* 2004;144:759–65. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2004.02.035>.
- [30] ismaili K, Hall M, Piepsz A, Alexander M, Schulman C, Avni FE. Insights into the Pathogenesis and Natural History of Fetuses with Renal Pelvis Dilatation. *Eur Urol* 2005;48:207–14. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2005.02.014>.
- [31] Livera LN, Brookfield DS, Egginton JA, Hawnaur JM. Antenatal ultrasonography to detect fetal renal abnormalities: a prospective screening programme. *BMJ* 1989;298:1421–3. <https://doi.org/10.1136/bmj.298.6685.1421>.



- [32] Nguyen HT, Benson CB, Bromley B, Campbell JB, Chow J, Coleman B, et al. Multidisciplinary consensus on the classification of prenatal and postnatal urinary tract dilation (UTD classification system). *J Pediatr Urol* 2014;10:982–98. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2014.10.002>.
- [33] Odibo AO, Raab E, Elovitz M, Merrill JD, Macones GA. Prenatal Mild Pyelectasis. *J Ultrasound Med* 2004;23:513–7. <https://doi.org/10.7863/jum.2004.23.4.513>.
- [34] Swenson DW, Darge K, Ziniel SI, Chow JS. Characterizing upper urinary tract dilation on ultrasound: a survey of North American pediatric radiologists' practices. *Pediatr Radiol* 2015;45:686–94. <https://doi.org/10.1007/s00247-014-3221-8>.
- [35] Passerotti CC, Kalish LA, Chow J, Passerotti AMAMS, Recabal P, Cendron M, et al. The predictive value of the first postnatal ultrasound in children with antenatal hydronephrosis. *J Pediatr Urol* 2011;7:128–36. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2010.09.007>.
- [36] Riccabona M. Obstructive diseases of the urinary tract in children: lessons from the last 15 years. *Pediatr Radiol* 2010;40:947–55. <https://doi.org/10.1007/s00247-010-1590-1>.
- [37] 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>.
- [38] Dejter SW, Gibbons MD. The fate of infant kidneys with fetal hydronephrosis but initially normal postnatal sonography. *J Urol* 1989;142:661–2; discussion 667–668. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)38846-8](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)38846-8).
- [39] Laing FC, Burke VD, Wing VW, Jeffrey RB, Hashimoto B. Postpartum evaluation of fetal hydronephrosis: optimal timing for follow-up sonography. *Radiology* 1984;152:423–4. <https://doi.org/10.1148/radiology.152.2.6539930>.
- [40] Wiener JS, O'Hara SM. Optimal timing of initial postnatal ultrasonography in newborns with prenatal hydronephrosis. *J Urol* 2002;168:1826–9; discussion 1829. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000030859.88692.dd>.
- [41] Tranquart F, Bouakaz A, Correas J-M. ?Chographie de contraste: Mthodologie et applications cliniques. Paris: Springer-Verlag France; 2007.
- [42] Thomas DF. Prenatally detected uropathy: epidemiological considerations. *Br J Urol* 1998;81 Suppl 2:8–12. <https://doi.org/10.1046/j.1464-410x.1998.0810s2008.x>.
- [43] Garnier S, Prodhomme O, Ollivier M, Faure A, Lopez C, Kalfa N. Investigations en urologie pédiatrique. Wwwwem-Premiumcomdatatraitespem04-76997 2017.
- [44] Undre S, Marks SD. Obstructive Uropathy. In: Geary DF, Schaefer F, editors. *Pediatr. Kidney Dis.*, Berlin, Heidelberg: Springer; 2016, p. 1121–33. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-52972-0\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-662-52972-0_43).
- [45] Riccabona M. Pediatric MRU--its potential and its role in the diagnostic work-up of upper urinary tract dilatation in infants and children. *World J Urol* 2004;22:79–87. <https://doi.org/10.1007/s00345-004-0406-z>.

- [46] Sinha A, Bagga A, Krishna A, Bajpai M, Srinivas M, Uppal R, et al. Revised guidelines on management of antenatal hydronephrosis. *Indian J Nephrol* 2013;23:83–97. <https://doi.org/10.4103/0971-4065.109403>.
- [47] Kadioglu A. Renal measurements, including length, parenchymal thickness, and medullary pyramid thickness, in healthy children: what are the normative ultrasound values? *AJR Am J Roentgenol* 2010;194:509–15. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.2986>.
- [48] Timberlake MD, Herndon CDA. Mild to moderate postnatal hydronephrosis--grading systems and management. *Nat Rev Urol* 2013;10:649–56. <https://doi.org/10.1038/nrurol.2013.172>.
- [49] Fernbach SK, Maizels M, Conway JJ. Ultrasound grading of hydronephrosis: introduction to the system used by the Society for Fetal Urology. *Pediatr Radiol* 1993;23:478–80. <https://doi.org/10.1007/bf02012459>.
- [50] Onen A. An alternative grading system to refine the criteria for severity of hydronephrosis and optimal treatment guidelines in neonates with primary UPJ-type hydronephrosis. *J Pediatr Urol* 2007;3:200–5. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2006.08.002>.
- [51] Onen A. Grading of Hydronephrosis: An Ongoing Challenge. *Front Pediatr* 2020;8. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00458>.
- [52] Riccabona M, Avni FE, Blickman JG, Dacher J-N, Darge K, Lobo ML, et al. Imaging recommendations in paediatric urology: Minutes of the ESPR urology task force session on childhood obstructive uropathy, high-grade fetal hydronephrosis, childhood haematuria, and urolithiasis in childhood. *ESPR Annual Congress, Edinburgh, UK, June 2008. Pediatr Radiol* 2009;39:891–8. <https://doi.org/10.1007/s00247-009-1233-6>.
- [53] Herndon CDA. Antenatal hydronephrosis: differential diagnosis, evaluation, and treatment options. *ScientificWorldJournal* 2006;6:2345–65. <https://doi.org/10.1100/tsw.2006.366>.
- [54] Silay MS, Undre S, Nambiar AK, Dogan HS, Kocvara R, Nijman RJM, et al. Role of antibiotic prophylaxis in antenatal hydronephrosis: A systematic review from the European Association of Urology/European Society for Paediatric Urology Guidelines Panel. *J Pediatr Urol* 2017;13:306–15. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2017.02.023>.
- [55] 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.jpurol.2010.02.205>.
- [56] 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;27:369–76. <https://doi.org/10.1111/iju.14207>.
- [57] Snyder HM, Lebowitz RL, Colodny AH, Bauer SB, Retik AB. Ureteropelvic junction obstruction in children. *Urol Clin North Am* 1980;7:273–90.

- [58] Brown T, Mandell J, Lebowitz RL. Neonatal hydronephrosis in the era of sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1987;148:959–63. <https://doi.org/10.2214/ajr.148.5.959>.
- [59] Lebowitz RL, Griscom NT. Neonatal hydronephrosis: 146 cases. *Radiol Clin North Am* 1977;15:49–59.
- [60] Robson WJ, Rudy SM, Johnston JH. Pelviureteric obstruction in infancy. *J Pediatr Surg* 1976;11:57–61. [https://doi.org/10.1016/0022-3468\(76\)90170-6](https://doi.org/10.1016/0022-3468(76)90170-6).
- [61] Williams DI, Kenawi MM. The prognosis of pelviureteric obstruction in childhood: a review of 190 cases. *Eur Urol* 1976;2:57–63. <https://doi.org/10.1159/000471963>.
- [62] Yiee JH, Johnson-Welch S, Baker LA, Wilcox DT. Histologic differences between extrinsic and intrinsic ureteropelvic junction obstruction. *Urology* 2010;76:181–4. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2010.02.007>.
- [63] Williams DI, Karlaftis CM. Hydronephrosis due to pelvi-ureteric obstruction in the newborn. *Br J Urol* 1966;38:138–44. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410x.1966.tb09691.x>.
- [64] Koff SA. Pathophysiology of ureteropelvic junction obstruction. Clinical and experimental observations. *Urol Clin North Am* 1990;17:263–72.
- [65] Didusch, William P. A collection of urigenital drawings; anatomy, anomalies, gross pathology, 1915-1952. New York, American Cystoscope Makers [c1952]. United States: n.d.
- [66] Ucar AK, Kurugoglu S. Urinary Ultrasound and Other Imaging for Ureteropelvic Junction Type Hydronephrosis (UPJHN). *Front Pediatr* 2020;8:546. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00546>.
- [67] Maugey-Laulom B, Chériier L. Diagnostic anténatal des uronéphropathies malformatives. *Wwwem-Premiumcomdatatraites534-79214* 2017.
- [68] 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>.
- [69] 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>.
- [70] 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>.
- [71] Passoni NM, Peters CA. Managing Ureteropelvic Junction Obstruction in the Young Infant. *Front Pediatr* 2020;8:242. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00242>.
- [72] Farrugia M-K, Hitchcock R, Radford A, Burki T, Robb A, Murphy F, et al. British Association of Paediatric Urologists consensus statement on the management of the primary obstructive megaureter. *J Pediatr Urol* 2014;10:26–33. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2013.09.018>.
- [73] Merlini E, Spina P. Primary non-refluxing megaureters. *J Pediatr Urol* 2005;1:409–17. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2005.04.007>.

- [74] Darge K, Grattan-Smith JD, Riccabona M. Pediatric uro-radiology: state of the art. *Pediatr Radiol* 2011;41:82–91. <https://doi.org/10.1007/s00247-010-1644-4>.
- [75] Liu HY, Dhillon HK, Yeung CK, Diamond DA, Duffy PG, Ransley PG. Clinical outcome and management of prenatally diagnosed primary megaureters. *J Urol* 1994;152:614–7. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)32664-2](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)32664-2).
- [76] Song S-H, Lee S-B, Park YS, Kim KS. Is antibiotic prophylaxis necessary in infants with obstructive hydronephrosis? *J Urol* 2007;177:1098–101; discussion 1101. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2006.11.002>.
- [77] Gimpel C, Masioni L, Djakovic N, Schenk J-P, Haberkorn U, Tönshoff B, et al. Complications and long-term outcome of primary obstructive megaureter in childhood. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2010;25:1679–86. <https://doi.org/10.1007/s00467-010-1523-0>.
- [78] Peters CA, Mandell J, Lebowitz RL, Colodny AH, Bauer SB, Hendren WH, et al. Congenital obstructed megaureters in early infancy: diagnosis and treatment. *J Urol* 1989;142:641–5; discussion 667-668. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)38842-0](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)38842-0).
- [79] Sripathi V, King PA, Thomson MR, Bogle MS. Primary obstructive megaureter. *J Pediatr Surg* 1991;26:826–9. [https://doi.org/10.1016/0022-3468\(91\)90148-m](https://doi.org/10.1016/0022-3468(91)90148-m).
- [80] Hemal AK, Ansari MS, Doddamani D, Gupta NP. Symptomatic and complicated adult and adolescent primary obstructive megaureter--indications for surgery: analysis, outcome, and follow-up. *Urology* 2003;61:703–7; discussion 707. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(02\)02590-6](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(02)02590-6).
- [81] Geslin D, Gorduz D, Paganelli L, Laconi F, Mouriquand P. Anomalies de l'urètre chez le garçon. *Wwwem-Premiumcomdatatraitespem04-76994* 2017.
- [82] Malin G, Tonks AM, Morris RK, Gardosi J, Kilby MD. Congenital lower urinary tract obstruction: a population-based epidemiological study. *BJOG Int J Obstet Gynaecol* 2012;119:1455–64. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2012.03476.x>.
- [83] Thakkar D, Deshpande AV, Kennedy SE. Epidemiology and demography of recently diagnosed cases of posterior urethral valves. *Pediatr Res* 2014;76:560–3. <https://doi.org/10.1038/pr.2014.134>.
- [84] Jee LD, Rickwood AM, Turnock RR. Posterior urethral valves. Does prenatal diagnosis influence prognosis? *Br J Urol* 1993;72:830–3. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410x.1993.tb16277.x>.
- [85] Churchill BM, McLorie GA, Khoury AE, Merguerian PA, Houle AM. Emergency treatment and long-term follow-up of posterior urethral valves. *Urol Clin North Am* 1990;17:343–60.
- [86] Scott JE. Management of congenital posterior urethral valves. *Br J Urol* 1985;57:71–7. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410x.1985.tb08989.x>.
- [87] Paliwalla M, Park K. A practical guide to urinary tract ultrasound in a child: Pearls and pitfalls. *Ultrasound J Br Med Ultrasound Soc* 2014;22:213–22. <https://doi.org/10.1177/1742271X14549795>.
- [88] Roy S, Colmant C, Cordier A-G, Sénat M-V. [Contribution of ultrasound signs for the prenatal diagnosis of posterior urethral valves: Experience of 3years at the

- maternity of the Bicêtre Hospital]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)* 2016;45:478–83. <https://doi.org/10.1016/j.jgyn.2015.04.012>.
- [89] Sargent MA. What is the normal prevalence of vesicoureteral reflux? *Pediatr Radiol* 2000;30:587–93. <https://doi.org/10.1007/s002470000263>.
- [90] Maheux A, Valle VD, Blondiaux E, Vivier P-H, Pointe HDL. Exploration par l'imagerie du rein et des voies urinaires chez l'enfant. *Wwwem-Premiumcomdatatraitespem04-84953* 2019.
- [91] Gordon I, Riccabona M. Investigating the newborn kidney: update on imaging techniques. *Semin Neonatol SN* 2003;8:269–78. [https://doi.org/10.1016/S1084-2756\(03\)00031-9](https://doi.org/10.1016/S1084-2756(03)00031-9).
- [92] Konuş OL, Ozdemir A, Akkaya A, Erbaş G, Celik H, Işık S. Normal liver, spleen, and kidney dimensions in neonates, infants, and children: evaluation with sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1998;171:1693–8. <https://doi.org/10.2214/ajr.171.6.9843315>.
- [93] Riccabona M. Potential of modern sonographic techniques in paediatric urology. *Eur J Radiol* 2002;43:110–21. [https://doi.org/10.1016/s0720-048x\(02\)00118-3](https://doi.org/10.1016/s0720-048x(02)00118-3).
- [94] Bourlière-Najean B, Aschero A, Desvignes C, Gorincour G, Colavolpe N, Pico H, et al. Exploration de l'appareil urinaire chez l'enfant. *Wwwem-Premiumcomdatatraitesr534-80024* 2017.
- [95] Ripollés T, Martínez-Pérez MJ, Vizuete J, Miralles S, Delgado F, Pastor-Navarro T. Sonographic diagnosis of symptomatic ureteral calculi: usefulness of the twinkling artifact. *Abdom Imaging* 2013;38:863–9. <https://doi.org/10.1007/s00261-012-9946-7>.
- [96] Article 36 - Code de déontologie médicale - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000006680539/1995-09-08](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006680539/1995-09-08) (accessed April 29, 2021).
- [97] Article 16-3 - Code civil - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000006419297/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006419297/) (accessed May 4, 2021).
- [98] Article L1111-4 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000031972276/2020-08-31/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000031972276/2020-08-31/) (accessed April 29, 2021).
- [99] Article R4127-4 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000006912862/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006912862/) (accessed April 30, 2021).
- [100] Bérard E, Commission d'Ethique de la Société Française de Pédiatrie. [Information guides of pediatric patients and their families: recommendations of the Commission d'Ethique de la Société Française de Pédiatrie]. *Arch Pediatr Organe Off Soc Francaise Pediatr* 2006;13:1535–9. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2006.08.020>.
- [101] Article R4127-35 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000006912897/2004-08-08](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006912897/2004-08-08) (accessed April 25, 2021).

- [102] Consultation Européenne sur les Droits des Patients (1994 : Amsterdam N, Europe WHORO for. Déclaration sur la promotion des droits des patients en Europe : Consultation Européenne sur les Droits des Patients, Amsterdam, 28-30 mars 1994 1994.
- [103] WMA - The World Medical Association-Déclaration de Lisbonne de l'AMM sur les Droits du Patient n.d. <https://www.wma.net/fr/policies-post/declaration-de-lisbonne-de-lamm-sur-les-droits-du-patient/> (accessed May 4, 2021).
- [104] Article 11 - LOI n° 2002-303 du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé (1) - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article\\_jo/JORFARTI000001262582](https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000001262582) (accessed April 29, 2021).
- [105] Article L1111-2 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000041721051/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000041721051/) (accessed April 26, 2021).
- [106] HAS. Recommandations : Délivrance de l'information à la personne sur son état de santé. 2012.
- [107] Aider les enfants à se préparer aux examens d'imagerie médicale. Sparadrap n.d. <https://www.sparadrap.org/actualites/sparadrap/aider-les-enfants-se-preparer-aux-examens-dimagerie-medicale> (accessed May 4, 2021).
- [108] Article R4127-64 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000006912933/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006912933/) (accessed April 29, 2021).
- [109] Article L1110-4 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI0000036515027/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI0000036515027/) (accessed April 29, 2021).
- [110] Osterberg L, Blaschke T. Adherence to medication. *N Engl J Med* 2005;353:487–97. <https://doi.org/10.1056/NEJMra050100>.
- [111] Sustersic M, Jeannet E, Cozon-Rein L, Maréchaux F, Genty C, Foote A, et al. Impact of information leaflets on behavior of patients with gastroenteritis or tonsillitis: a cluster randomized trial in French primary care. *J Gen Intern Med* 2013;28:25–31. <https://doi.org/10.1007/s11606-012-2164-8>.
- [112] Clack GB, Allen J, Cooper D, Head JO. Personality differences between doctors and their patients: implications for the teaching of communication skills. *Med Educ* 2004;38:177–86. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2004.01752.x>.
- [113] Elder NC, Hickner J. Missing clinical information: the system is down. *JAMA* 2005;293:617–9. <https://doi.org/10.1001/jama.293.5.617>.
- [114] Smith PC, Araya-Guerra R, Bublitz C, Parnes B, Dickinson LM, Van Vorst R, et al. Missing clinical information during primary care visits. *JAMA* 2005;293:565–71. <https://doi.org/10.1001/jama.293.5.565>.
- [115] Sustersic M. Fiches d'Information pour les Patients (FIP), un outil au service de la communication médecin patient: Proposition et validation de méthodes pour la construction et l'évaluation clinique n.d.:153.

- [116] Halaska C, Sachs P, Sanfilippo K, Lin C-T. Patient Attitudes About Viewing Their Radiology Images Online: Preintervention Survey. *J Med Internet Res* 2019;21:e12595. <https://doi.org/10.2196/12595>.
- [117] Manaouil C, Saliou G, Vallée J-N, Jardé O. La loi du 4 mars 2002 : comment l'appliquer en matière d'information des patients en radiologie. *Wwwem-Premiumcomdatarevues0221036300874-C1355* 2008.
- [118] Section 1 : Code de déontologie médicale (Articles R4127-1 à R4127-112) - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section\\_lc/LEGITEXT000006072665/LEGISCTA000006190547/#LEGISCTA000006190547](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072665/LEGISCTA000006190547/#LEGISCTA000006190547) (accessed May 2, 2021).
- [119] EUR-Lex - 31997L0043 - EN - EUR-Lex n.d. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A31997L0043> (accessed May 17, 2021).
- [120] Arrêté du 27 mars 1972 NOMENCLATURE DES ACTES PROFESSIONNELS. n.d.
- [121] Wallis A, McCoubrie P. The radiology report--are we getting the message across? *Clin Radiol* 2011;66:1015–22. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2011.05.013>.
- [122] 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).
- [123] Dilatation des voies urinaires dépistée en période anténatale | Aide à la demande d'examens de radiologie et imagerie médicale (ADERIM) n.d. <https://gbu.radiologie.fr/pathologies/dilatation-des-voies-urinaires-depistee-en-periode-antenatale> (accessed May 4, 2021).
- [124] Article R1333-66 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000037017145/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000037017145/) (accessed May 2, 2021).
- [125] Sous-section 2 : Application du principe de justification des expositions aux rayonnements ionisants. (Articles R1333-56 à R1333-58) - Légifrance n.d. <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGIARTI000006910141/2006-06-10> (accessed May 4, 2021).
- [126] IPAQSS 2014 - CRR : expérimentation du recueil des indicateurs « compte-rendu radiologique ». Haute Aut Santé n.d. [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_1733807/fr/ipaqss-2014-crr-experimentation-du-recueil-des-indicateurs-compte-rendu-radiologique](https://www.has-sante.fr/jcms/c_1733807/fr/ipaqss-2014-crr-experimentation-du-recueil-des-indicateurs-compte-rendu-radiologique) (accessed May 4, 2021).
- [127] Robert Y, Bourgeot Ph, Brasseur-Daudruy M, Eurin D, Vaast P, Guérin B. Chapitre 14 - Pathologie de l'appareil génito-urinaire. In: Bourgeot P, Guérin du Masgenêt B, editors. *Échogr. En Prat. Obstétricale Cinquième Édition*, Paris: Elsevier Masson ; 2014, p. 493–533. <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-73173-0.00014-3>.
- [128] Damen-Elias H a. M, De Jong TPVM, Stigter RH, Visser GHA, Stoutenbeek PH. Congenital renal tract anomalies: outcome and follow-up of 402 cases detected antenatally between 1986 and 2001. *Ultrasound Obstet Gynecol Off J Int Soc Ultrasound Obstet Gynecol* 2005;25:134–43. <https://doi.org/10.1002/uog.1788>.
- [129] Lorenzo AJ, Csaicsich D, Aufricht C, Khoury AE. CHAPTER 37 - Obstructive Genitourinary Disorders. In: Geary DF, Schaefer F, editors. *Compr. Pediatr.*

Nephrol., Philadelphia: Mosby; 2008, p. 561–86. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-04883-5.50043-X>.

- [130] Choi YH, Cheon J-E, Kim WS, Kim I-O. Ultrasonography of hydronephrosis in the newborn: a practical review. *Ultrason Seoul Korea* 2016;35:198–211. <https://doi.org/10.14366/usg.15073>.
- [131] Wiesel A, Queisser-Luft A, Clementi M, Bianca S, Stoll C, EUROSCAN Study Group. Prenatal detection of congenital renal malformations by fetal ultrasonographic examination: an analysis of 709,030 births in 12 European countries. *Eur J Med Genet* 2005;48:131–44. <https://doi.org/10.1016/j.ejmg.2005.02.003>.
- [132] Stolz G, Schumacher R, Wiesel A, Schlaefer K, Queisser-Luft A. [Pre- and postnatal kidney screening compared: an analysis of 34,450 newborn infants of the Mainz model birth register]. *Radiol* 2002;42:630–6. <https://doi.org/10.1007/s00117-002-0773-7>.
- [133] Morris RK, Kilby MD. Congenital urinary tract obstruction. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2008;22:97–122. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2007.08.007>.
- [134] Blachar A, Blachar Y, Livne PM, Zurkowski L, Pelet D, Mogilner B. Clinical outcome and follow-up of prenatal hydronephrosis. *Pediatr Nephrol* 1994;8:30–5. <https://doi.org/10.1007/BF00868254>.
- [135] Anumba DO, Scott JE, Plant ND, Robson SC. Diagnosis and outcome of fetal lower urinary tract obstruction in the northern region of England. *Prenat Diagn* 2005;25:7–13. <https://doi.org/10.1002/pd.1074>.
- [136] Berte N, Vrillon I, Larmure O, Gomola V, Ayav C, Mazeaud C, et al. Long-term renal outcome in infants with congenital lower urinary tract obstruction. *Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol* 2018;28:596–602. <https://doi.org/koff>.
- [137] Trofimova A, Vey BL, Safdar NM, Duszak R, Kadom N. Radiology Report Readability: An Opportunity to Improve Patient Communication. *J Am Coll Radiol JACR* 2018;15:1182–4. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.03.032>.
- [138] Manaouil C, Saliou G, Vallée J-N, Jardé O. [The law of March 4, 2002: how to implement it with regards to informed consent in radiology]. *J Radiol* 2006;87:355–62. [https://doi.org/10.1016/s0221-0363\(06\)74013-6](https://doi.org/10.1016/s0221-0363(06)74013-6).
- [139] 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>.
- [140] Shah P, Freedman EG, Vekiri I. The Comprehension of Quantitative Information in Graphical Displays. In: Miyake A, Shah P, editors. *Camb. Handb. Visuospatial Think.*, Cambridge: Cambridge University Press; 2005, p. 426–76. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610448.012>.
- [141] Dobrozsi S, Panepinto J. Child and parent preferences for graphical display of patient-reported outcome data. *Pediatr Blood Cancer* 2017;64. <https://doi.org/10.1002/pbc.26499>.



- [142] Starren J, Johnson S. An Object-oriented Taxonomy of Medical Data Presentations. *J Am Med Inform Assoc JAMIA* 2000;7:1–20. <https://doi.org/10.1136/jamia.2000.0070001>.
- [143] Brundage MD, Smith KC, Little EA, Bantug ET, Snyder CF, PRO Data Presentation Stakeholder Advisory Board. Communicating patient-reported outcome scores using graphic formats: results from a mixed-methods evaluation. *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil* 2015;24:2457–72. <https://doi.org/10.1007/s11136-015-0974-y>.
- [144] Snyder C, Smith K, Holzner B, Rivera YM, Bantug E, Brundage M, et al. Making a picture worth a thousand numbers: recommendations for graphically displaying patient-reported outcomes data. *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil* 2019;28:345–56. <https://doi.org/10.1007/s11136-018-2020-3>.
- [145] Dunnick NR, Langlotz CP. The radiology report of the future: a summary of the 2007 Intersociety Conference. *J Am Coll Radiol JACR* 2008;5:626–9. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2007.12.015>.
- [146] Mityul MI, Gilcrease-Garcia B, Mangano MD, Demertzis JL, Gunn AJ. Radiology Reporting: Current Practices and an Introduction to Patient-Centered Opportunities for Improvement. *AJR Am J Roentgenol* 2018;210:376–85. <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18721>.
- [147] Martin-Carreras T, Cook TS, Kahn CE. Readability of radiology reports: implications for patient-centered care. *Clin Imaging* 2019;54:116–20. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2018.12.006>.
- [148] 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. *Am J Roentgenol* 2017;208:1262–70. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.17584>.
- [149] Schöppe F, Sommer WH, Schmidutz F, Pförringer D, Armbruster M, Paprottka KJ, et al. Structured reporting of x-rays for atraumatic shoulder pain: advantages over free text? *BMC Med Imaging* 2018;18. <https://doi.org/10.1186/s12880-018-0262-8>.
- [150] Folio LR, Machado LB, Dwyer AJ. Multimedia-enhanced Radiology Reports: Concept, Components, and Challenges. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc* 2018;38:462–82. <https://doi.org/10.1148/rg.2017170047>.
- [151] OsiriX DICOM Viewer | Plugins n.d. <https://www.osirix-viewer.com/resources/plugins/> (accessed May 10, 2021).
- [152] Karim S, Fegeler C, Boeckler D, H Schwartz L, Kauczor H-U, von Tengg-Kobligk H. Development, implementation, and evaluation of a structured reporting web tool for abdominal aortic aneurysms. *JMIR Res Protoc* 2013;2:e30. <https://doi.org/10.2196/resprot.2417>.
- [153] Balkman JD, Siegel AH. An Audio/Video Reporting Workflow to Supplement Standardized Radiology Reports. *J Digit Imaging* 2016;29:153–9. <https://doi.org/10.1007/s10278-015-9821-5>.
- [154] Sadigh G, Hertweck T, Kao C, Wood P, Hughes D, Henry TS, et al. Traditional text-only versus multimedia-enhanced radiology reporting: referring physicians'

- perceptions of value. *J Am Coll Radiol JACR* 2015;12:519–24. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.11.009>.
- [155] Reiner BI. Strategies for radiology reporting and communication part 3: patient communication and education. *J Digit Imaging* 2013;26:995–1000. <https://doi.org/10.1007/s10278-013-9647-y>.
- [156] Nayak L, Beaulieu CF, Rubin DL, Lipson JA. A picture is worth a thousand words: needs assessment for multimedia radiology reports in a large tertiary care medical center. *Acad Radiol* 2013;20:1577–83. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2013.09.002>.
- [157] Iyer VR, Hahn PF, Blaszkowsky LS, Thayer SP, Halpern EF, Harisinghani MG. Added value of selected images embedded into radiology reports to referring clinicians. *J Am Coll Radiol JACR* 2010;7:205–10. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2009.10.014>.
- [158] Optimisation des comptes rendus n.d. <http://www.sfrnet.cyim.com/sfr/professionnels/comptes-rendus-radiologiques/article.phtml?id=rc%2forg%2fsfrnet%2fhtm%2fArticle%2f2014%2f20140311-145440-086> (accessed May 16, 2021).
- [159] Dy GW, Gore JL, Muncey WW, Ellison JS, Merguerian PA. Comparative effectiveness of a pilot patient-centered ultrasound report in the management of hydronephrosis. *J Pediatr Urol* 2018;14:57.e1-57.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2017.08.014>.
- [160] Herz C, Fillion-Robin J-C, Onken M, Riesmeier J, Lasso A, Pinter C, et al. dcmqi: An Open Source Library for Standardized Communication of Quantitative Image Analysis Results Using DICOM. *Cancer Res* 2017;77:e87–90. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-17-0336>.
- [161] Pianykh OS. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): A Practical Introduction and Survival Guide. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2008. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74571-6>.
- [162] RadReport n.d. <https://radreport.org/> (accessed May 13, 2021).
- [163] Lehne M, Sass J, Essenwanger A, Schepers J, Thun S. Why digital medicine depends on interoperability. *NPJ Digit Med* 2019;2. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0158-1>.
- [164] ESR paper on structured reporting in radiology. *Insights Imaging* 2018;9:1–7. <https://doi.org/10.1007/s13244-017-0588-8>.
- [165] Bosmans JML, Neri E, Ratib O, Kahn Jr. CE. Structured reporting: a fusion reactor hungry for fuel. *Insights Imaging* 2014;6:129–32. <https://doi.org/10.1007/s13244-014-0368-7>.
- [166] Lauriot Dit Prevost A, Trencart M, Gaillard V, Bouzille G, Besson R, Sharma D, et al. ICIPMIR: 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>.
- [167] OMG OMG. Unified Modelling Language (UML). 2017.
- [168] Wright A, Andrews H, Hutton B. JSON Schema. 2019.
- [169] Ben Kiki O, Evans C, Net I döt. YAML Ain't Markup Language (YAML). 2009.

- [170] Martignene N, Lamer A. Goupile. Goupile 2020. <https://goupile.fr> (accessed October 6, 2020).
- [171] Lincoln Loop, Contributors. python-qrcode. 2019.
- [172] Lauriot Dit Prevost A, Bentegeac R, Dequesnes A, Billiau A, Baudalet 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.
- [173] Paliwalla M, Park K. A practical guide to urinary tract ultrasound in a child: Pearls and pitfalls. *Ultrasound J Br Med Ultrasound Soc* 2014;22:213–22. <https://doi.org/10.1177/1742271X14549795>.
- [174] Référentiel DES Radiopédiatrie n.d.:117.
- [175] Onen A. An alternative grading system to refine the criteria for severity of hydronephrosis and optimal treatment guidelines in neonates with primary UPJ-type hydronephrosis. *J Pediatr Urol* 2007;3:200–5. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2006.08.002>.
- [176] Timberlake MD, Herndon CDA. Mild to moderate postnatal hydronephrosis--grading systems and management. *Nat Rev Urol* 2013;10:649–56. <https://doi.org/10.1038/nrurol.2013.172>.
- [177] Arora S, Yadav P, Kumar M, Singh SK, Sureka SK, Mittal V, et al. Predictors for the need of surgery in antenatally detected hydronephrosis due to UPJ obstruction--a prospective multivariate analysis. *J Pediatr Urol* 2015;11:248.e1-5. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2015.02.008>.
- [178] Ismail A, Elkholy A, Zaghmout O, Alkadhi A, Elnaggar O, Khairat A, et al. Postnatal management of antenatally diagnosed ureteropelvic junction obstruction. *J Pediatr Urol* 2006;2:163–8. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2005.07.005>.
- [179] 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>.
- [180] Kis E, Verebély T, Kövi R, Mátyus I. The role of ultrasound in the follow-up of postoperative changes after pyeloplasty. *Pediatr Radiol* 1998;28:247–9. <https://doi.org/10.1007/s002470050342>.
- [181] Fernández-Ibieta M, Nortés-Cano L, Guirao-Piñera MJ, Zambudio-Carmona G, Ruiz-Jiménez JI. Radiation-free monitoring in the long-term follow-up of pyeloplasty: Are ultrasound new parameters good enough to evaluate a successful procedure? *J Pediatr Urol* 2016;12:230.e1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2016.04.026>.
- [182] Lee YS, Jeong HJ, Im YJ, Kim M-J, Lee M-J, Yun M, et al. Factors indicating renal injury in pediatric bilateral ureteropelvic-junction obstruction. *Urology* 2013;81:873–8. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2012.09.064>.
- [183] Dias CS, Silva JMP, Pereira AK, Marino VS, Silva LA, Coelho AM, et al. Diagnostic accuracy of renal pelvic dilatation for detecting surgically managed ureteropelvic junction obstruction. *J Urol* 2013;190:661–6. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2013.02.014>.

- [184] Babu R, Venkatachalapathy E, Sai V. Hydronephrosis severity score: an objective assessment of hydronephrosis severity in children-a preliminary report. *J Pediatr Urol* 2019;15:68.e1-68.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2018.09.020>.
- [185] Liu HY, Dhillon HK, Yeung CK, Diamond DA, Duffy PG, Ransley PG. Clinical outcome and management of prenatally diagnosed primary megaureters. *J Urol* 1994;152:614–7. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)32664-2](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)32664-2).
- [186] Shukla AR, Cooper J, Patel RP, Carr MC, Canning DA, Zderic SA, et al. Prenatally detected primary megaureter: a role for extended followup. *J Urol* 2005;173:1353–6. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000152319.72909.52>.
- [187] McLellan DL, Retik AB, Bauer SB, Diamond DA, Atala A, Mandell J, et al. Rate and predictors of spontaneous resolution of prenatally diagnosed primary nonrefluxing megaureter. *J Urol* 2002;168:2177–80; discussion 2180. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000034943.31317.2f>.
- [188] Chertin B, Pollack A, Koulikov D, Rabinowitz R, Shen O, Hain D, et al. Long-term follow up of antenatally diagnosed megaureters. *J Pediatr Urol* 2008;4:188–91. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2007.11.013>.
- [189] Gimpel C, Masioniene L, Djakovic N, Schenk J-P, Haberkorn U, Tönshoff B, et al. Complications and long-term outcome of primary obstructive megaureter in childhood. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2010;25:1679–86. <https://doi.org/10.1007/s00467-010-1523-0>.
- [190] Rubenwolf P, Herrmann-Nuber J, Schreckenberger M, Stein R, Beetz R. Primary non-refluxive megaureter in children: single-center experience and follow-up of 212 patients. *Int Urol Nephrol* 2016;48:1743–9. <https://doi.org/10.1007/s11255-016-1384-y>.
- [191] Dekirmendjian A, Braga LH. Primary Non-refluxing Megaureter: Analysis of Risk Factors for Spontaneous Resolution and Surgical Intervention. *Front Pediatr* 2019;7:126. <https://doi.org/10.3389/fped.2019.00126>.
- [192] Hochart V, Lahoche A, Priso R-H, Houfflin-Debarge V, Bassil A, Sharma D, et al. Posterior urethral valves: are neonatal imaging findings predictive of renal function during early childhood? *Pediatr Radiol* 2016;46:1418–23. <https://doi.org/10.1007/s00247-016-3634-7>.
- [193] Coquillette M, Lee RS, Pagni SE, Cataltepe S, Stein DR. Renal outcomes of neonates with early presentation of posterior urethral valves: a 10-year single center experience. *J Perinatol Off J Calif Perinat Assoc* 2020;40:112–7. <https://doi.org/10.1038/s41372-019-0489-4>.
- [194] Berte N, Vrillon I, Larmure O, Gomola V, Ayav C, Mazeaud C, et al. Long-term renal outcome in infants with congenital lower urinary tract obstruction. *Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol* 2018;28:596–602. <https://doi.org/koff>.
- [195] Koff SA, Campbell K. Nonoperative management of unilateral neonatal hydronephrosis. *J Urol* 1992;148:525–31. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)36644-2](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)36644-2).
- [196] 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>.

- [197] Gokce I, Biyikli N, Tugtepe H, Tarcan T, Alpay H. Clinical spectrum of antenatally detected urinary tract abnormalities with respect to hydronephrosis at postnatal ultrasound scan. *Pediatr Surg Int* 2012;28:543–52. <https://doi.org/10.1007/s00383-012-3072-z>.
- [198] Hodhod A, Capolicchio J-P, Jednak R, El-Sherif E, El-Doray AE-A, El-Sherbiny M. Evaluation of Urinary Tract Dilation Classification System for Grading Postnatal Hydronephrosis. *J Urol* 2016;195:725–30. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2015.10.089>.
- [199] Braga LH, McGrath M, Farrokhyar F, Jegatheeswaran K, Lorenzo AJ. Associations of Initial Society for Fetal Urology Grades and Urinary Tract Dilation Risk Groups with Clinical Outcomes in Patients with Isolated Prenatal Hydronephrosis. *J Urol* 2017;197:831–7. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2016.08.099>.
- [200] Maizels M, Reisman ME, Flom LS, Nelson J, Fernbach S, Firlit CF, et al. Grading nephroureteral dilatation detected in the first year of life: correlation with obstruction. *J Urol* 1992;148:609–14; discussion 615-616. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)36668-5](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)36668-5).
- [201] Onen A. Grading of Hydronephrosis: An Ongoing Challenge. *Front Pediatr* 2020;8. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00458>.
- [202] 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>.
- [203] Short RG, Middleton D, Befera NT, Gondalia R, Tailor TD. Patient-Centered Radiology Reporting: Using Online Crowdsourcing to Assess the Effectiveness of a Web-Based Interactive Radiology Report. *J Am Coll Radiol JACR* 2017;14:1489–97. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.07.027>.
- [204] Mao H, Chi C, Yu J, Yang P, Qian C, Zhao D. QRStream: A Secure and Convenient Method for Text Healthcare Data Transferring. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Int Conf* 2019;2019:3458–62. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856946>.
- [205] Lin C-H, Tsai F-Y, Tsai W-L, Wen H-W, Hu M-L. The feasibility of QR-code prescription in Taiwan. *J Clin Pharm Ther* 2012;37:643–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2710.2012.01358.x>.
- [206] HL7. FHIR® – Fast Healthcare Interoperability Resources. 2019.
- [207] OpenEHR International. OpenEHR. n.d.
- [208] Sousa M, Ferreira D, Santos-Pereira C, Bacelar G, Frade S, Pestana O, et al. openEHR Based Systems and the General Data Protection Regulation (GDPR). *Stud Health Technol Inform* 2018;247:91–5.

# Annexe 1

Example of a pilot patient-centered radiology report for a child with moderate right-sided hydronephrosis and slight parenchymal thinning, with otherwise normal ultrasound findings (from [160]).

## Kidney Ultrasound Report for: (Child's Name)

Date:

Last ultrasound date:



Seattle Children's  
HOSPITAL • RESEARCH • FOUNDATION

### Left Kidney

- Size is: normal
- Urinary tract swelling: normal
- The working portion of the kidney that creates urine is: normal

### Right Kidney

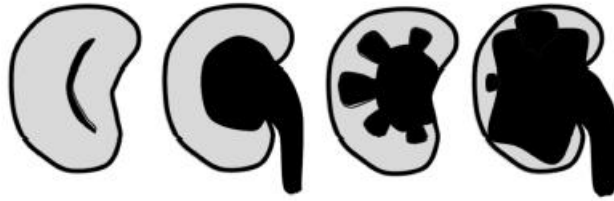
- Size is: large
- Urinary tract swelling: moderate
- The working portion of the kidney that creates urine is: slightly thinned

Bladder looks: normal

### How severe is my child's urinary tract dilation (hydronephrosis)?

The **working portion of the kidney** is called the **parenchyma**. This portion makes urine. It is **bright** on ultrasound.

The **collecting system** holds urine. It is **dark** on ultrasound. This area can become dilated, or develop hydronephrosis.



#### MILD

Kidney function may be only slightly affected. The condition often resolves itself. This is sometimes considered normal.

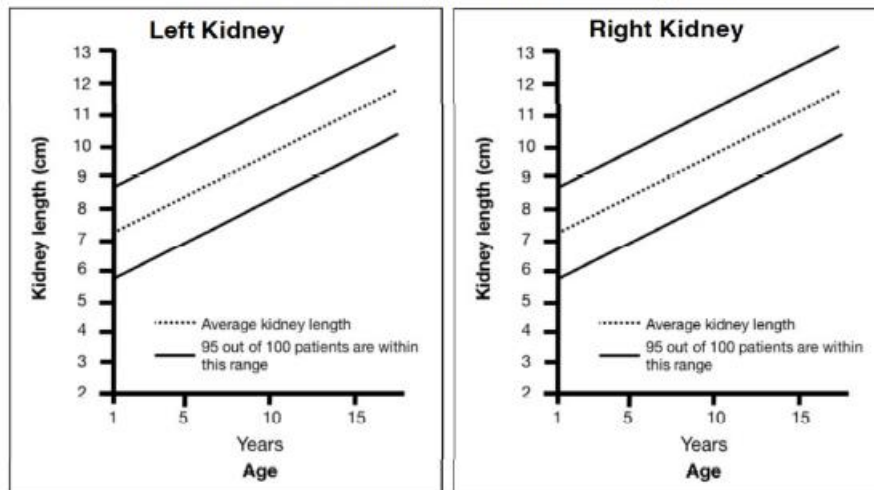
#### MODERATE

Kidney function is affected in some children. The condition will be closely monitored.

#### SEVERE

Kidney function is likely affected.

### Growth over time is an important marker of kidney health.



Growth chart: Babcock, D.S. and Patriquin, H.B. The pediatric kidney and adrenal glands. *Diagnostic Ultrasound*, 3<sup>rd</sup> Ed.

# Annexe 2

Schéma JSON décrivant le modèle de données suivi par les fichiers YAML.

```
{
  "$schema" : "https://json-schema.org/draft/2019-09/schema#",
  "title" : "Ultrasound report for the urinary tract, obstruction of urine flow",
  "type" : "object",
  "required" : ["patient_first_name", "patient_first_name", "patient_birth",
"conclusion_validation"],
  "properties" : {
    "identifiant" : {
      "type" : "string",
      "description" : "Patient unique identifier",
      "minLen" : 13,
      "maxLen" : 13,
      "pattern" : "^[0-9aAbB]{13}$"
    },
    "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"
    },
    "patient_gender" : {
      "type" : "string",
      "description" : "patient's gender",
      "enum" : ["male", "female", "NA"]
    },
    "institution" : {
      "type" : "string",
      "description" : "Institution in which the exam is performed"
    },
    "physician" : {
      "type" : "string",
      "description" : "Physician responsible for the interpretation of the imaging
results"
    },
    "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" : ["CT", "US", "Radiography", "NA"],
      "default" : "US"
    },
    "device_model" : {
      "type" : "string",
      "description" : "Model of imaging device"
    },
    "device_date" : {
      "type" : "string",
      "description" : "Date of device validation, format yyyy-mm-dd",
      "format" : "date"
    },
    "exam_indication" : {
      "type" : "string",
      "description" : "Exam indication"
    },
    "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"
    },
    "intraperitoneal_effusion" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Presence of a intraperitoneal effusion",
        "enum" : ["No", "Presence", "Unknown", "NA"],
        "default" : "No"
    },
    "bladder_filling" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Appearance of bladder filling",
        "enum" : ["Empty", "Partially filled", "Full", "Unknown", "NA"]
    },
    "diversion" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Presence of a urinary diversion in the described urinary tract",
        "enum" : ["No", "Bladder catheter", "Supra-pubic catheter", "Cystostomy", "NA"],
        "default" : "No"
    },
    "bladder_aspect" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Description of bladder wall",
        "enum" : ["Normal", "Thickened", "Trabeculation", "Diverticular", "Unknown",
"NA"],
        "default" : "Normal"
    },
    "bladder_aspect_location" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Location of the bladder wall aspect",
        "enum" : ["Diffuse", "Focal", "Unknown", "NA"]
    },
    "bladder_wall_thickness" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Measurement of bladder wall in mm",
        "minimum" : 0
    },
    "bladder_contents" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Urine appearance in the bladder",
        "enum" : ["Anechoic", "Echoic", "Unknown", "NA"]
    },
    "bladder_volume" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Initial bladder volume in ml",
        "minimum" : 0
    },
    "post_void_residual_bladder_volume" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Post void residual volume in ml",
        "minimum" : 0
    },
    "dilated_posterior_urethra" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Dilatation of the posterior urethra, as evaluated by the
physician",
        "enum" : ["No", "Yes", "Unknown", "NA"],
        "default" : "No"
    },
    "lithiasis" : {
        "type" : "string",
        "description" : "lithiasis detected on the exam",
        "enum" : ["No", "Presence", "NA"],
        "default" : "No"
    },
    "comment_on_lithiasis" : {
        "type" : "string",

```



```

    "description" : "Free text for a comment manually added to the description of the
lithiasis."
  },
  "upper_urinary_tract_result" : {
    "type" : "object",
    "description" : "Successive description of urinary tracts results, taking account
of the (rare) possibility of anatomical variations",
    "properties" : {
      "urinary_upper_tract_id" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Generated hash id for each successively described urinary
tract"
      },
      "lateralisation" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Lateralisation of kidney",
        "enum" : ["Left", "Right", "Left upper pole", "Left lower pole", "Right
upper pole", "Right lower pole", "Left renal transplant", "Right renal transplant"]
      },
      "upper_tract_diversion" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Presence of a urinary diversion in the described urinary
tract",
        "enum" : ["No", "JJ stent", "Ureteral catheter", "Nephrostomy", "NA"],
        "default" : "No"
      },
      "renal_height" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Measured height of the kidney (mm)",
        "minimum" : 0
      },
      "renal_height_evolution" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Evolution of the renal height according to the last
ultrasound",
        "enum" : ["Increase", "Stable", "Decrease", "Unknown", "NA"],
        "default" : "Unknown"
      },
      "previous_renal_height" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Previous measured height of the kidney (mm)",
        "minimum" : 0
      },
      "pyelocalyceal_dilatation" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Presence of pyelocalyceal dilatation of the kidney",
        "enum" : ["No", "Yes", "Unknown", "NA"],
        "default" : "No"
      },
      "interlabial_pelvic_diameter" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Measurements of the interlabial diameter of the renal
pelvis on a transverse section in mm",
        "minimum" : 0
      },
      "interlabial_pelvic_diameter_evolution" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Evolution of the interlabial pelvic diameter as compared
to previous imaging exam",
        "enum" : ["Increased", "Stable", "Decreased", "Unknown", "NA"],
        "default" : "NA"
      },
      "extrasinusal_pelvis" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Measurements diameter of the extrarenal pelvis on a
transverse section in mm",
        "minimum" : 0
      },
      "calyceal_aspect" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Description of the appearance of the calyces",
        "enum" : ["No", "Cup-shaped", "Blunting", "Ballooned", "Unknown", "NA"],
        "default" : "No"
      },
      "renal_pelvic_wall" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Presence of a thickened renal pelvic wall",

```

```

        "enum" : ["Normal", "Thickened", "Unknown", "NA"],
        "default" : "Normal"
    },
    "renal_pelvis_content Echogenicity" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Description of the echogenicity of the renal pelvis
contents",
        "enum" : ["Normal", "Hypoechoic", "Hyperechoic", "Unknown", "NA"],
        "default" : "Normal"
    },
    "parenchyma Echogenicity" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Echogenicity of parenchyma",
        "enum" : ["Normal", "Hyperechoic cortex", "NA"],
        "default" : "Normal"
    },
    "corticomedullary differentiation" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Aspect of corticomedullary differentiation",
        "enum" : ["Normal", "Decreased", "No corticomedullary differentiation",
"NA"],
        "default" : "Normal"
    },
    "parenchyma aspect" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Description of cortex and medulla",
        "enum" : ["Normal", "Short and thin medulla", "No medulla & thin cortex",
"NA"],
        "default" : "Normal"
    },
    "parenchyma thickness" : {
        "type" : "number",
        "description" : "The renal parenchyma is measured at the thinnest point of
the parenchyma on the longitudinal section of the kidney(mm)",
        "minimum" : 0
    },
    "cortical cyst" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Cortical cysts detected on the exam",
        "enum" : ["No", "presence", "NA"],
        "default" : "No"
    },
    "comment on cyst" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Free text for a comment manually added to the description
of the cyst"
    },
    "ureterocele" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Ureterocele detected on the exam",
        "enum" : ["No", "presence", "NA"],
        "default" : "No"
    },
    "ureterocele diameter" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Measured diameter of ureterocele (mm)",
        "minimum" : 0
    },
    "ureteral dilatation" : {
        "type" : "string",
        "description" : "Ureteral dilatation, as evaluated by the physician",
        "enum" : ["No", "Abdominal + pelvic ureter", "Abdominal ureter", "Pelvic
ureter", "NA"],
        "default" : "No"
    },
    "ureteral diameter retrovesical" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Maximal measured diameter of the retrovesical ureter
(mm)",
        "minimum" : 0
    },
    "ureteral diameter lumbar" : {
        "type" : "number",
        "description" : "Maximal measured diameter of the lumbar ureter (mm)",
        "minimum" : 0
    },
    "ureter wall" : {

```

```

        "type" : "string",
        "description" : "Presence of a thickened ureter",
        "enum" : ["Normal", "Thickened", "Unknown", "NA"],
        "default" : "Normal"
    }
}
},
"conclusion" : {
    "type" : "string",
    "description" : "Text conclusion, automatically generated, and validated by the
imaging physician"
},
"comment" : {
    "type" : "string",
    "description" : "Free text for manually added results, or comment"
},
"conclusion_validation" : {
    "type" : "boolean",
    "description" : "The physician must validate the automatically generated
conclusion, after manual modification if required",
    "default" : false
}
}
}
}

```

# Annexe 3

Formulaire pour les comptes-rendus d'échographie lors d'anomalie à l'écoulement des urines chez l'enfant, produit à partir du site goupile.fr.

The image shows a web application interface. On the left, a code editor displays the following code:

```
1 // Urine tract ultrasound report Goupile: go to https://goupile.fr/demo/app/introduction/
2
3 page.pushOptions({compact: true})
4
5 page.output(html`<h1><u>Urine tract ultrasound Report</u>`)
6
7 // Patient information
8
9 page.section("Patient", () => {
10   page.text("#identifieur", "Patient identifier")
11   page.text("patient_first_name", "First name")
12   page.text("patient_name", "Name")
13   page.date("patient_birth", "Date of birth")
14   page.enumRadio("patient_gender", "Gender",
15     ["Male", "Female"])
16 })
17
18 // Exam information
19
20
21 page.section("Exam", () => {
22   page.text("institution", "Institution")
23   page.text("physician", "Physician responsible for interpretation")
24   page.date("exam_date", "Date of the exam")
25   page.text("device_model", "Imaging device model")
26   page.date("device_date", "Date of imaging device validation")
27   page.text("exam_indication", "Indication")
28   page.enum("condition_derivation", "Urinary tract diversion in place at the time of the
29     exam",
30     ["No", "Bladder drainage", "Upper tract drainage", "NA"])
31 })
32
33 // Results
34
35 page.section("Results", () => {
36   page.enumDrop("duplication", "Duplication of urinary tract resulting in an 'additional'
37     urinary tract to describe", ["No", "Right", "Left", "Bilateral", "Unknown", "NA"], {
38     value: "No",
39   })
40   page.enumDrop(
41     "renal_transplant",
42     "Presence of a renal transplant resulting in an 'additional' urinary tract to
```

On the right, the form titled "Urine tract ultrasound Report" is displayed. It includes sections for Patient and Exam information. The Patient section contains fields for Patient identifier, First name, Name, Date of birth, and Gender (radio buttons for Male and Female). The Exam section contains fields for Institution, Physician responsible for interpretation, Date of the exam, Imaging device model, and Date of imaging device validation.

**AUTEUR : Nom :** LEGLEYE

**Prénom :** Rémi

**Date de soutenance :** 22/09/2021

**Titre de la thèse :** Améliorer la communication au patient et au médecin traitant des résultats de l'échographie chez l'enfant présentant un obstacle à l'écoulement des urines : informations nécessaires, représentation graphique et transmission dématérialisée

**Thèse — Médecine — Lille 2021**

**Cadre de classement :** *Médecine*

**DES + spécialité :** *Médecine générale*

**Mots-clés :** uropathie obstructive, pédiatrie, échographie, compte-rendu, schématisation, transmission de données

### **Résumé :**

**Contexte :** L'information joue un rôle central dans la relation médecin-patient et contribue à la participation active du patient aux soins. Nous avons donc cherché, dans le cadre de l'échographie réalisée lors d'anomalies de l'écoulement des urines chez l'enfant, à améliorer la compréhension des résultats par le patient et ses proches. Pour cela, nous souhaitons créer un compte-rendu standardisé, associé à une représentation schématique des résultats, et transmissible par QR code.

**Matériel et Méthodes :** Notre méthodologie contient cinq étapes : définition des paramètres échographiques ayant une influence dans la prise en charge médicale par une revue de la littérature et avis d'experts ; mise en place d'un modèle de données ; production d'un formulaire de compte-rendu standardisé ; production d'une représentation schématique des résultats ; génération de QR Code pour la transmission des données.

**Résultats :** Nous avons extrait de la littérature et après avis d'experts, les paramètres nécessaires au compte-rendu d'échographie des voies urinaires chez l'enfant. Nous avons proposé un modèle de données au format YAML ainsi qu'une description de ce modèle par un schéma JSON. À la suite, nous avons conçu un formulaire à destination des radiologues, afin de produire de façon automatisée un compte-rendu standardisé associé à une iconographie représentant les résultats de l'examen. Les données issues de l'examen sont ensuite structurées au format YAML et transmises par QR code.

### **Composition du Jury :**

**Président :** Monsieur le Professeur Rémi Besson

**Asseseurs :** Monsieur le Professeur Christophe Berkhout

Monsieur le Professeur Grégoire Ficheur

**Directeur de thèse :** Monsieur le Professeur Emmanuel Chazard

Monsieur le Docteur Arthur Lauriot Dit Prevost