

UNIVERSITÉ DE LILLE

FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2021

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Comptes-rendus de cystosonographie chez l'enfant présentant un reflux
vésico-urétéral : standardisation et amélioration de la communication au
patient et au médecin traitant**

Présentée et soutenue publiquement le 22 septembre 2021 à 16 heures
au Pôle Formation
par Adrien BILLIAU

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Rémi BESSON

Asseseurs :

Monsieur le Professeur Grégoire FICHEUR

Monsieur le Professeur Christophe BERKHOUT

Directeur de thèse :

Monsieur le Professeur Emmanuel CHAZARD

Monsieur le Docteur Arthur LAURIOT DIT PREVOST

Avertissement

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

Sigles

ARS	Agence Régionale de Santé
CCR	Compte-rendu radiologique
ceVUS	<i>Contrast-enhanced voiding urosonography</i>
CNOM	Conseil National de l'Ordre des Médecins
Da	Dalton
EAU	<i>European Association of Urology</i>
ECBU	Examen cyto bactériologique des urines
HAS	Haute Autorité de Santé
IU	Infection urinaire
JPU	Jonction pyélo-urétérale
JSON	<i>JavaScript object notation</i>
PNA	Pyélonéphrite aigue
QR code	<i>Quick response code</i>
RVU	Reflux vésico urétéral
SFR	Société Française de Radiologie
UML	<i>Unified modelling language</i>
US	Ultrasound
UTI	Urinary tract infection
VES	Voie excrétrice supérieure
VUR	<i>Vesicoureteric reflux</i>
YAML	<i>Yaml ain't markup language</i>

Sommaire

Avertissement	2
Remerciements	Erreur ! Signet non défini.
Sigles	3
Sommaire.....	4
Préambule.....	7
Introduction	8
1 Le système urinaire	8
1.1 Les reins	8
1.1.1 Fonction.....	8
1.1.2 Anatomie	9
1.1.3 L'unité fonctionnelle du rein : le néphron.....	10
1.2 Les voies excrétrices.....	11
1.2.1 Voie excrétrice supérieur intrarénale : calice et pelvis rénal	12
1.2.2 Voie excrétrice supérieur extrarénale : l'uretère	12
1.2.3 La vessie	13
1.2.4 L'urètre	13
2 Le reflux vésico-urétéral	13
2.1 Introduction	13
2.2 Épidémiologie.....	13
2.3 Physiopathologie	14
2.4 Diagnostic	14
2.4.1 Clinique.....	14
2.4.2 Examens complémentaires.....	16
2.5 Gradation	20
2.6 Traitement	21
2.6.1 Traitement conservateur	21
2.6.2 Traitement chirurgical	21
2.6.3 Traitement endoscopique	22
3 Cystosonographie	23
3.1 Fondements physiques	23
3.1.1 Échographie	23
3.1.2 Échographie de contraste	23

3.1.3	Cystosonographie.....	23
3.2	Avantages et inconvénients.....	24
3.3	Protocole d'examen.....	25
4	Information au patient.....	26
4.1	Définition.....	26
4.2	Cadre légal.....	26
4.3	Le contenu de l'information.....	27
4.4	Les qualités de l'information.....	27
4.5	Modalités de délivrance de l'information.....	27
4.5.1	Information orale.....	27
4.5.2	Information écrite.....	28
4.6	L'information délivrée au mineur.....	28
4.7	L'information entre professionnels de santé.....	28
4.7.1	Conditions générales et définitions.....	29
4.7.2	Échange d'information au sein d'une équipe de soins.....	29
4.7.3	Échange ou partage entre professionnels de santé et autres professionnels du champs social ou médico-social.....	30
4.7.4	Entre médecins.....	30
4.7.5	Les médecins auxquels on ne peut pas transmettre.....	30
4.8	L'information contenue dans le compte-rendu médical.....	30
4.8.1	Définition.....	30
4.8.2	Obligations.....	31
4.8.3	Transmission de l'information.....	31
4.8.4	Contenu du CRR.....	31
5	Objectif.....	32
	Article en Anglais.....	33
1	Introduction.....	33
1.1	Vesicoureteric reflux.....	33
1.2	Medical information.....	33
1.3	Aim of the study.....	34
2	Material & methods.....	34
2.1	Field definition.....	34
2.1.1	Bibliographic review on guidelines.....	34
2.1.2	Bibliographic review on papers reporting imaging results.....	34
2.1.3	Definition of relevant fields.....	35

2.2	Data model.....	36
2.3	Textual report.....	36
2.4	2D visualization.....	36
2.5	QR code.....	36
3	Results.....	36
3.1	Field definition.....	36
3.1.1	Bibliographic review on guidelines.....	36
3.1.2	Bibliographic review on papers reporting imaging results.....	37
3.1.3	Definition of relevant fields.....	41
3.2	Data model.....	43
3.3	Textual report.....	46
3.4	2D visualization.....	46
3.5	QR code.....	51
4	Discussion & conclusion.....	52
4.1	Comparison.....	52
4.2	Limits.....	52
4.3	Perspectives.....	53
	Discussion en Français.....	55
1	Comparaison à la littérature.....	55
2	Forces et limites de l'étude.....	55
3	Perspectives.....	56
	Liste des tables.....	58
	Liste des figures.....	59
	Références.....	60
	Annexe 1.....	69
	Annexe 2.....	73

Préambule

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

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

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

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

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

Introduction

Le présent travail s'intéresse au compte-rendu de cystosonographie pour le diagnostic et le suivi du reflux vésico-urétéral.

Dans une première partie, nous détaillerons l'anatomie du système urinaire, puis nous nous intéresserons à la pathologie du reflux vésico-urétéral et enfin nous aborderons l'examen qu'est la cystosonographie. Par la suite, nous nous intéresserons à l'information médicale, en particulier celle véhiculée dans les comptes-rendus d'examen. L'introduction se terminera par l'exposé des objectifs.

1 Le système urinaire

Le système urinaire permet le maintien de l'équilibre hydroélectrolytique ainsi que l'élimination de certains déchets. Il est composé des reins et de ses voies excrétrices à savoir les calices, les pyélon, les uretères, la vessie et l'urètre.

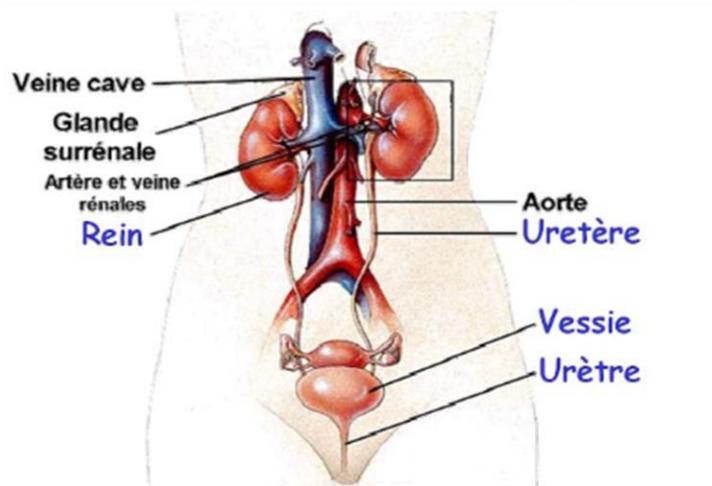


Figure 1 : anatomie général du système urinaire (D'après [1])

1.1 Les reins

1.1.1 Fonction

Les reins assurent une fonction exocrine, par la filtration du plasma permettant l'élimination des déchets exogènes et endogènes.

Ils ont également une fonction endocrine avec la formation de rénine (qui permet une régulation de la pression sanguine), l'érythropoïétine (qui contrôle l'érythropoïèse) et de prostaglandines [1,2].

Ils ont enfin une fonction métabolique via la néoglucogenèse et la transformation de la vitamine D3 en sa forme active [1,2].

1.1.2 Anatomie

1.1.2.1 Situation et morphologie

Les reins sont situés de chaque côté de la colonne vertébrale, en région lombaire et rétropéritonéale, en partie cachés par les dernières côtes. Chacun des deux reins mesure chez l'adulte 12 centimètres de haut sur 6 centimètres de large et 3 centimètres d'épaisseur, avec une forme de haricot (Figure 1). Le rein droit est situé en arrière du foie, le rein gauche en arrière de la queue du pancréas et du pôle inférieur de la rate [3].

Chaque rein pèse en moyenne 140 grammes. Une capsule fibreuse, lisse chez l'adulte et polylobée chez l'enfant, enveloppe chaque rein et permet sa protection et son soutien [3].

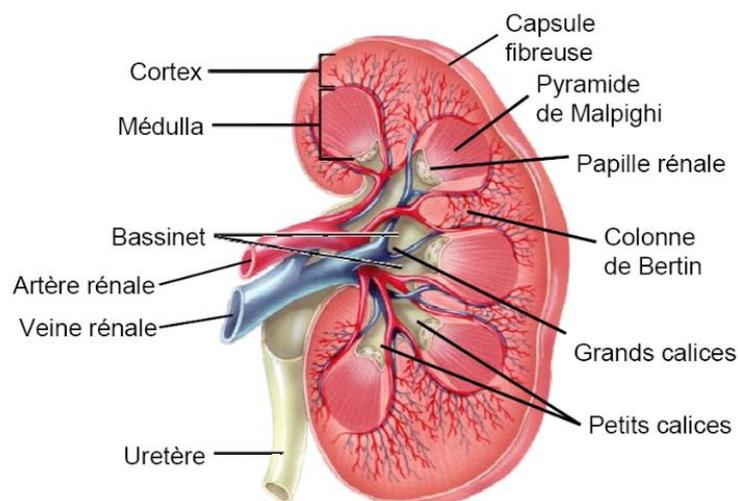


Figure 2 : anatomie du rein (D'après [1])

1.1.2.2 Le sinus rénal

Le bord interne concave du rein se creuse pour former le sinus rénal. L'ouverture du sinus rénal forme le hile rénal d'une hauteur de 3 centimètres et d'une épaisseur de 1,5 centimètres. Le hile rénal contient le pédicule rénal et délimite les voies excrétrices supérieures (VES) intrarénale et extrarénale.

Le sang est amené par une artère rénale qui vient de l'aorte abdominale. Après avoir traversé la masse du rein, le sang est évacué par une veine rénale qui débouche dans la veine cave inférieure (Figure 2) [3].

De chaque rein part un canal excréteur, dont la première partie est large, le bassinet, et la deuxième partie est fine, l'uretère qui amène l'urine fabriquée par le rein dans la vessie (voir 1.2 page 11).

1.1.2.3 Le parenchyme rénal

Le parenchyme rénal est composé de la corticale en périphérie et la médullaire en partie centrale (Figure 3).

La médullaire est composée de pyramides de Malpighi (entre huit et dix par rein) dont la base est dirigée vers la corticale. Elles sont séparées les unes des autres par les colonnes de Bertin qui sont en continuité avec la corticale. Au sommet de chaque pyramide se trouve la papille rénale qui s'abouche dans un petit calice [2].

La corticale est située entre la capsule et les pyramides de Malpighi, s'insinue entre les pyramides pour former les colonnes de Bertin.

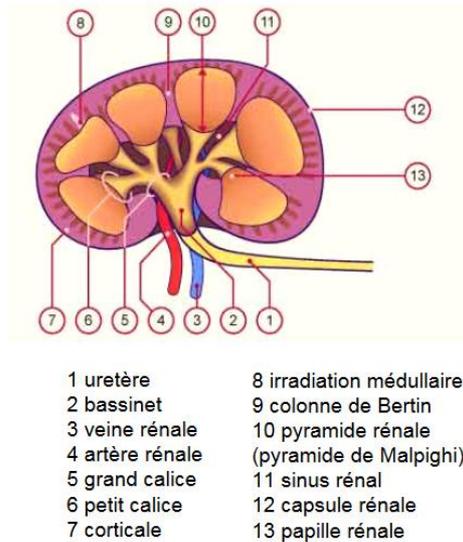


Figure 3 : Parenchyme rénal (D'après [1])

1.1.3 L'unité fonctionnelle du rein : le néphron

Chaque rein possède entre 800 000 et 1 500 000 néphrons. Chaque néphron est composé du corpuscule rénal et du tubule rénal [1].

1.1.3.1 Le corpuscule rénal

Le corpuscule rénal est composé du glomérule entouré par la capsule de Bowman qui se prolonge par le tube contourné proximal (Figure 4). Il est formé de deux pôles :

- Pôle vasculaire avec une artère afférente qui se divise en de nombreux capillaires très fins qui forment un peloton : le glomérule. Ce glomérule occupe l'intérieur de la capsule de Bowman où va se dérouler la filtration. Les capillaires fusionnent à nouveau pour former une artériole efférente par laquelle le sang quitte le glomérule et ensuite vasculariser le rein.
- Pôle urinaire formé par le tube contourné proximal.

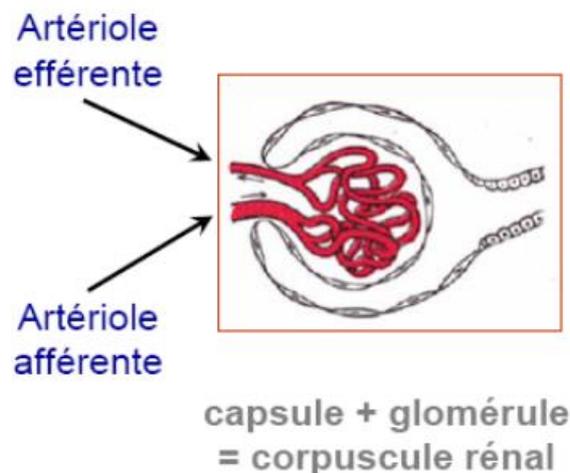


Figure 4 : Corpuscule rénal (D'après [1])

1.1.3.2 Le tubule rénal

Le tubule rénal est composé du tube contourné proximal suivi du tube droit proximal ou branche descendante, de l'anse de Henlé, de sa branche ascendante et d'un tube contourné distal. (Figure 5).

Le tube contourné distal s'abouche dans le canal d'union ou tubule collecteur. Plusieurs tubules collecteurs s'abouchent dans un tube collecteur commun, le tube de Bellini, qui se poursuit par le canal papillaire.

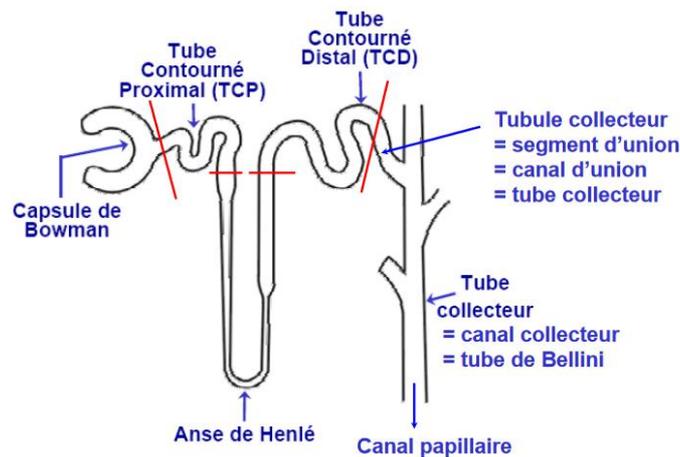


Figure 5 : le tubule rénal (D'après [1])

1.1.3.3 Fonction

Le corpuscule rénal permet la filtration dite glomérulaire. C'est le passage du liquide du sang au tube rénal. Le filtrat est alors composé de tous les éléments du sang à l'exception des éléments figurés et des protéines d'un poids moléculaire supérieur à 68000 Da [2].

Le taux de filtration glomérulaire est le volume du filtrat de l'ensemble des glomérules par unité de temps. Il est normalement de 120ml/min, ce qui signifie que 180 litres/jour sont filtrés par les reins.

Le tubule rénal va permettre de réabsorber 99% du filtrat total pour excréter au final 1 à 2,5 litres d'urine par jour via les voies excrétrices [2].

1.2 Les voies excrétrices

De chaque côté la VES est constituée d'une VES intrarénale et d'une VES extrarénale. L'urine une fois formée passe par le canal papillaire pour rejoindre les petits puis les grands calices qui fusionnent pour former le bassinnet du rein. Du bassinnet se forme l'uretère qui s'abouche dans la vessie au niveau de la jonction urétéro-vésicale. (Figure 6).

Toutes les voies excrétrices ont la même structure histologique, à savoir une muqueuse, une musculueuse et une adventice.

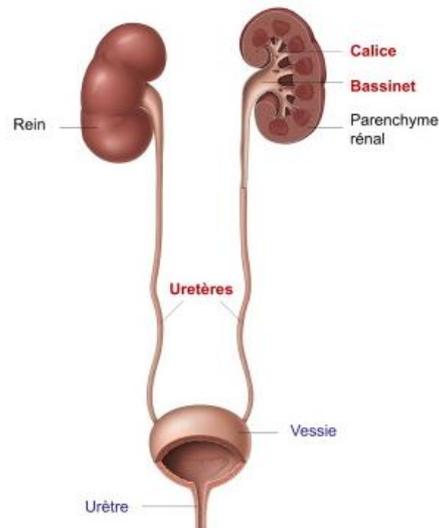


Figure 6 : Les voies urinaires excrétrices (D'après [1])

1.2.1 Voie excrétrice supérieure intrarénale : calice et pelvis rénal

Les calices sont composés des calices mineurs et calices majeurs.

Les calices mineurs forment des conduits moulés sur les papilles rénales. La confluence de deux à quatre calices mineurs forme un calice majeur. A leurs tours, les calices majeurs (deux à cinq) se rejoignent pour former le pelvis rénal. Le pelvis rénal est de forme triangulaire, mais dépend du nombre de calices qu'il reçoit. Il est dit bifide s'il reçoit deux calices (le plus fréquent), ou pyélique si il en reçoit trois. Le pelvis rénal possède une partie extrarénale qui s'étend jusque la jonction pyélo-urétérale (JPU) [3].

1.2.2 Voie excrétrice supérieure extrarénale : l'uretère

Chaque uretère (au nombre de deux) relie le bassinet d'un rein à la vessie pour y véhiculer l'urine.

La JPU marque le début de l'uretère qui suit ensuite un trajet rétropéritonéal, longe les vertèbres, glisse dans la fosse iliaque, puis s'abouche dans la vessie après un passage transpariétal. Ce trajet sous-muqueux évite le reflux des urines vers le haut appareil (voir partie 2.3 page 14). On peut ainsi décrire quatre segments : lombaire, iliaque, pelvien et intramural.

Il mesure en moyenne chez l'adulte entre 3mm et 6mm de diamètre avec une longueur de 25 à 30cm [4]. Il présente au cours de son trajet trois rétrécissements [3] :

- A la jonction pyélo-urétérale
- En région iliaque au niveau du croisement des vaisseaux iliaques
- Dans la portion intramurale.

Sur le plan histologique l'uretère, comme le reste des voies excrétrices est constitué de 3 couches, en partant de la couche superficielle vers la couche interne :

- L'adventice, tissu conjonctif dans lequel cheminent les vaisseaux et les fibres nerveuses.
- La musculuse, constituée de fibres obliques
- La lumière qui est tapissée de l'urothélium.

Cette structure histologique, surtout sa musculature, lui permet d'être constamment parcourue d'ondes péristaltiques. L'urine est donc acheminée activement par l'uretère vers la vessie et non par la pesanteur [4].

1.2.3 La vessie

La vessie est un organe musculaire creux dont la fonction est de recueillir l'urine produite par les reins et de la stocker entre les mictions. C'est un organe très extensible et élastique. Sa forme dépend de son état de réplétion. Quand elle est vide ou qu'elle contient peu d'urine elle a la forme d'une pyramide. Quand l'urine commence à s'accumuler elle se dilate progressivement et prend la forme d'une poire.

Sa capacité est d'environ 350 à 500ml [5].

1.2.4 L'urètre

L'urètre est un conduit unique qui part du col vésical et permet à l'urine d'être excrétée de l'organisme.

Chez l'homme sa fonction est double, urinaire et génitale. Il est fait de 3 portions, l'urètre prostatique (3cm), l'urètre membraneux (1cm) et l'urètre pénien (12 à 13cm). L'urètre se termine par le méat urinaire localisé à l'extrémité du pénis [6].

Chez la femme l'urètre est un conduit uniquement urinaire. Il est plus court, 4cm [6].

2 Le reflux vésico-urétéral

2.1 Introduction

Le reflux vésico-urétéral (RVU), ou le flux rétrograde d'urine de la vessie dans l'uretère, est un trouble anatomique et fonctionnel avec des conséquences potentiellement graves.

Il peut être suspecté devant deux situations principales, soit à l'échographie du 2^e trimestre de grossesse (il est diagnostiqué chez 9 à 11 % des nouveau-nés avec une hydronéphrose prénatale [7–9]), soit au décours d'une infection urinaire.

Le RVU est un facteur de risque majeur d'infection des voies urinaires hautes chez l'enfant [10].

Le reflux vésico-urétéral peut à long terme entraîner diverses complications, par l'agression répétée du parenchyme rénal avec la néphropathie par reflux, allant de l'hypertension artérielle à l'insuffisance rénale. En particulier aux premiers stades de la vie, la pyélonéphrite aiguë (PNA) peut causer des séquelles plus graves car elle affecte la croissance et le développement rénal précocement [11].

2.2 Épidémiologie

La prévalence du RVU chez les enfants sains n'est pas bien définie puisqu'ils ne sont pas investigués. La prévalence estimée chez des enfants dans la population générale est comprise entre 0,4% et 1,8% [12–14].

L'infection urinaire est relativement courante chez les jeunes enfants et touche 2,2 % des garçons et 2,1 % des filles de moins de deux ans [9,15]. Chez les enfants atteints d'infections urinaires, un RVU peut être retrouvé dans 30 à 50% des cas [12]. Les

infections urinaires sont plus fréquentes chez le garçon avant (0,7% à 2%) mais cette tendance s'inverse pour les groupes d'âge allant de 1 à 7 ans avec une prévalence alors plus élevée chez les jeunes filles (0,2% à 2%) [16].

C'est l'uropathie la plus fréquente chez l'enfant et ses conséquences sont potentiellement graves. Les principales sont les infections récurrentes des voies urinaires, avec un risque de cicatrices parenchymateuses rénales. Les lésions rénales peuvent être responsables de 20% d'hypertension artérielle et de 15 à 20% de maladie rénale terminale chez l'enfant [17–19].

La résolution spontanée du RVU peut fréquemment survenir autour de l'âge de quatre à cinq ans [20]. En effet, pour les RVU de grade I et II, les taux de résolution spontanée sont respectivement d'environ 90 % et 80 % [10,11].

2.3 Physiopathologie

Physiologiquement, le passage de l'urine s'effectue uniquement de manière antérograde grâce à une action de valve exercée par la jonction vésico-urétérale.

En effet, lorsque la pression intra-vésicale augmente en début de miction, la partie intramuqueuse des uretères se collabe (notamment sous l'effet des muscles longitudinaux) empêchant ainsi tout passage d'urine. Il a pu être mis en évidence que cette fonction était directement liée à la position oblique des uretères à l'entrée de la vessie et au ratio longueur du trajet sous muqueux/diamètre des uretères.

Le péristaltisme des uretères et le muscle détrusor jouent également leur rôle dans le bon fonctionnement de ces mécanismes anti reflux physiologiques [13,21,22].

On distingue le RVU primitif (malformatif ou congénital) et le RVU secondaire (fonctionnel ou acquis) [23].

Physiologiquement, l'entrée oblique des uretères à la vessie et le long tunnel sous-muqueux urétéral empêche le reflux. Lorsque cette structure est incompetente ou malformative (défaut urétérotrigonal), les urines peuvent refluer en sens rétrograde vers les cavités pyélocalicielles, c'est le RVU primitif.

Le RVU peut également être une pathologie acquise, secondaire et est lié à une augmentation de la pression vésicale. Plusieurs étiologies sont possibles : une vessie neurogène, un trouble obstructif (des valves de l'urètre postérieure), une cause inflammatoire. L'ensemble peut provoquer des pressions intra-vésicales élevées et donc favoriser un reflux.

La croissance permet la maturation du fonctionnement vésico-sphinctérien (RVU fonctionnels) et l'allongement du trajet intra mural (qui fait office de système anti-reflux naturel au niveau de la paroi vésicale) de l'uretère (RVU malformatifs), et peut ainsi faire régresser voire disparaître la plupart des RVU [21,22].

2.4 Diagnostic

2.4.1 Clinique

Le RVU peut être asymptomatique, il serait présent chez environ 1% de la population générale [12].

Quand il est symptomatique, le reflux se manifeste par des infections urinaires hautes (fébriles) à répétition (pyélonéphrites aiguës) qui se traduisent par des fortes fièvres

brutales avec souvent des frissons, sans autres symptômes associés comme chez l'adulte où il y a généralement des douleurs rénales lors des infections touchant la voie urinaire haute.

En effet, la présentation clinique est souvent non-spécifique chez l'enfant de moins d'un an. L'enfant présente une mauvaise prise pondérale (ce symptôme révèle le diagnostic dans 25 à 30% des cas chez le nouveau-né), des symptômes gastro-intestinaux comme des régurgitations, des vomissements, de la diarrhée ou un état septique avec notamment une altération de l'état de conscience [21].

La fièvre est souvent absente dans le premier mois de vie mais, lorsqu'elle est présente de manière inexplicée chez un enfant de moins de deux ans, l'infection urinaire doit impérativement être exclue [21].

L'examen cyto bactériologique des urines (ECBU) confirme le diagnostic d'infection urinaire (Table 1). Le seuil classiquement retenu pour la définition d'infection urinaire est de 10^5 éléments/ml pour les urines recueillies lors de la miction. Pour les urines recueillies par sondage, le seuil est de 10^3 - 10^5 ufc/ml. Enfin, pour les urines récupérées par cathétérisme sus-pubien le diagnostic est positif dès lors que 10 colonies identiques sont retrouvées [22,24].

Échantillon d'urine provenant d'une ponction vésicale sus-pubienne	Échantillon d'urine provenant d'un cathétérisme vésical	Échantillon d'urine en milieu de miction
Tout nombre de ufc/ml (au moins 10 colonies identiques.)	$> 10^3 - 10^5$ ufc/ml	$> 10^4$ ufc/mL avec symptômes $> 10^5$ ufc/mL sans symptômes

Table 1 Critère d'infection du haut appareil urinaire chez l'enfant d'après [22]

Tout enfant ayant présenté une infection urinaire haute devrait bénéficier d'une échographie des voies urinaires à la recherche d'une anomalie morphologique ou d'une obstruction (mécanique ou fonctionnelle).

La stratégie d'explorations complémentaires après un premier épisode d'infection urinaire fébrile a récemment fait l'objet d'une mise à jour des recommandations [25] de l'EAU/ESPU (Figure 7).

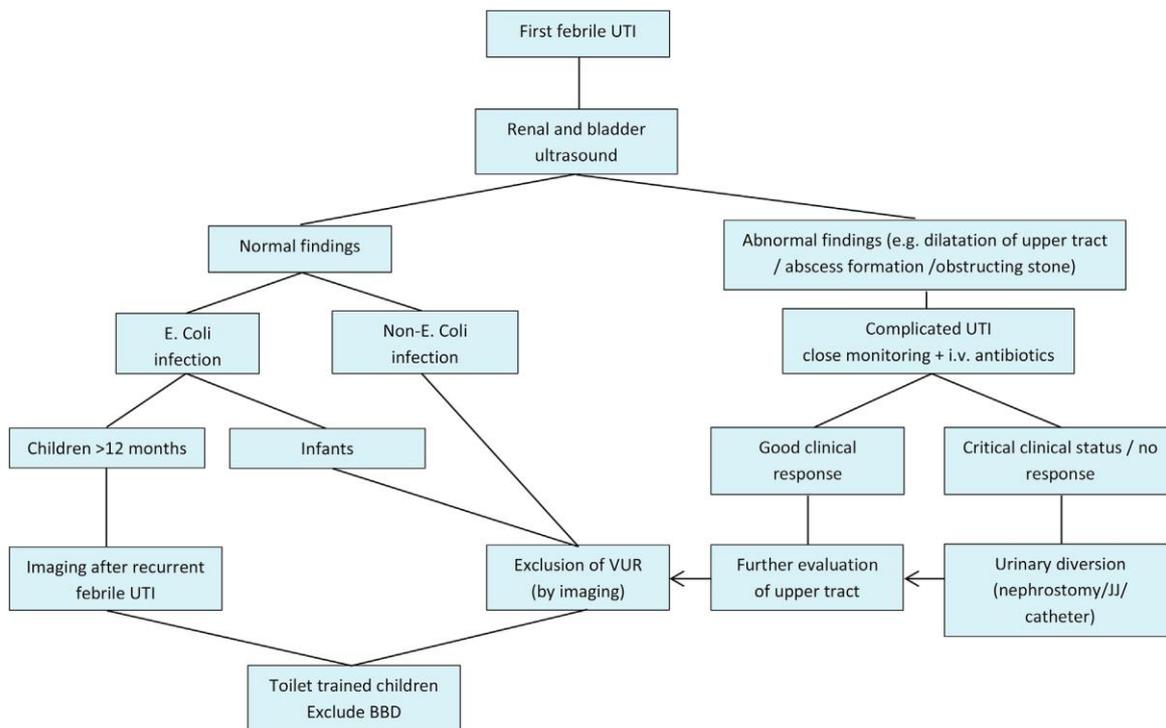


Figure 7 Stratégie d'examens complémentaires après un premier épisode d'infection urinaire fébrile d'après [25].

2.4.2 Examens complémentaires

D'après les sociétés savantes en urologie, l'examen de référence pour le diagnostic de RVU est la cystographie rétrograde et mictionnelle, soit par cathétérisme sus-pubien, soit par sondage vésical [22,26]

Compte tenu du caractère irradiant de cet examen, deux autres examens diagnostiques ont été développés, la cystosonographie, et la cystographie isotopique.

2.4.2.1 La cystographie

L'examen de référence pour le dépistage du RVU est donc la cystographie rétrograde et mictionnelle (Figure 8). C'est une radiographie de la vessie et des voies urinaires excrétrices associée à l'injection d'un produit de contraste iodé dans la vessie, soit par voie naturelle via l'urètre, soit par voie sus-pubienne grâce à un cathéter.

Un RVU est confirmé lorsque le produit de contraste est visualisé dans les voies urinaires supérieures, puis gradué selon le niveau de l'atteinte.

Mais la cystographie peut rester normale chez plus d'un enfant sur deux. Parmi les enfants atteints de PNA récidivantes, 60% ont une cystographie normale sans reflux visible. Certains auteurs considèrent qu'il s'agit d'un reflux vraisemblablement intermittent que la radiographie n'a pu saisir [23].

La gravité du reflux n'est pas tant liée à son importance radiologique, qu'à l'état du rein sus-jacent dont on sait qu'il peut déjà être altéré avant la naissance (petit rein dysplasique). La taille du rein en échographie et surtout sa fonction en scintigraphie sont des éléments pronostiques essentiels [23] (voir paragraphe 2.4.2.4 page 19).

Cet examen expose l'enfant à des rayonnements ionisants. Avec cette technique, en plus de la dose somatique de rayonnement ionisant, une dose gonadique relativement

élevée est inévitable, en raison de l'emplacement des gonades dans le faisceau efficace. L'évolution des techniques et notamment l'introduction de la fluoroscopie digitale a permis de diminuer ces rayonnements sans jamais les éliminer totalement. Selon la durée d'exposition et l'équipement utilisé, la dose de rayonnement reçu est d'environ 0,14 à 1,56mSv [9,27]. A titre de comparaison, la dose annuelle effective d'irradiation naturelle en Allemagne est de 1,5 mSv et la dose d'irradiation artificielle de 2,5 mSv [14].

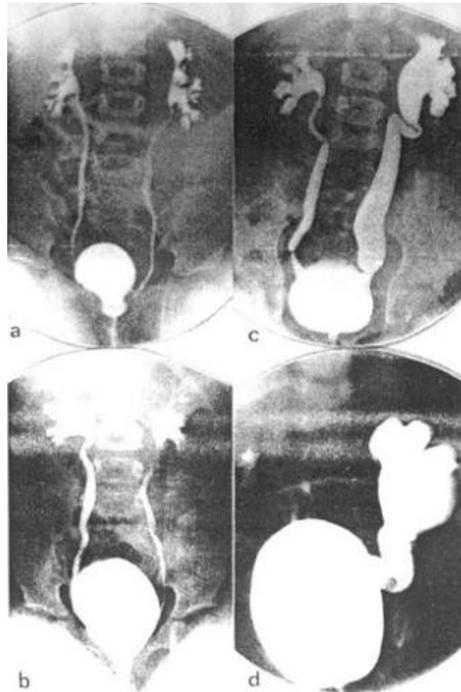


Figure 8 : Cystographie montrant différents RVU (D'après [21])

2.4.2.2 La cystographie isotopique

La cystographie isotopique est une technique d'imagerie fonctionnelle se basant sur le principe d'imagerie de la scintigraphie.

Cet examen génère moins d'irradiation puisque la dose effective est comprise entre 0,04 et 0,09mSv [9,28].

Selon les études, la sensibilité est comprise entre 71 et 100% et la spécificité entre 67 et 100% [29–32]

Il existe deux procédures, la cystographie isotopique directe et la cystographie isotopique indirecte.

La cystographie isotopique directe est superposable à la cystographie rétrograde. Elle consiste en l'injection dans la vessie, via un cathéter, d'une solution saline contenant un traceur (le Technétium ^{99m}Tc) détectable à la scintigraphie. L'enregistrement dure entre 60 et 120min et permet de visualiser plusieurs phases de remplissages et de mictions [33]. Cet examen permet une analyse dynamique grâce à l'enregistrement continu d'images séquentielles. Cette procédure permet d'estimer le volume du reflux de manière relative, en termes de pourcentage du volume vésical total, ou même de manière absolue en millilitres grâce à la détection du traceur dans les voies urinaires supérieures.

Le diagnostic de reflux vésico-urétéral est basé sur l'identification d'une augmentation d'activité au niveau du pyélon, observée sur la série d'images (visualisées avec une fenêtre de limite inférieure basse) et sur la mise en évidence d'une augmentation d'activité sur les courbes correspondantes [34].

C'est un examen de second choix ; en effet, la gradation du reflux y est impossible et l'arbre urinaire n'est pas visualisé. Cependant c'est une méthode aussi sensible et moins irradiante que la méthode radiologique [35]. Il est indiqué devant une forte suspicion de RVU non dépisté à la cystographie ou pour le suivi de RVU.

La cystographie isotopique indirecte consiste en l'injection d'un traceur à tropisme rénal en intraveineuse. L'enregistrement est réalisé en mode dynamique continu, suit le trajet physiologique de l'urine marquée par le traceur. Le reste du déroulement de l'examen est similaire à la cystographie isotopique directe (remplissage vésical, miction et cliché post-mictionnel), tout comme l'interprétation des images [33].

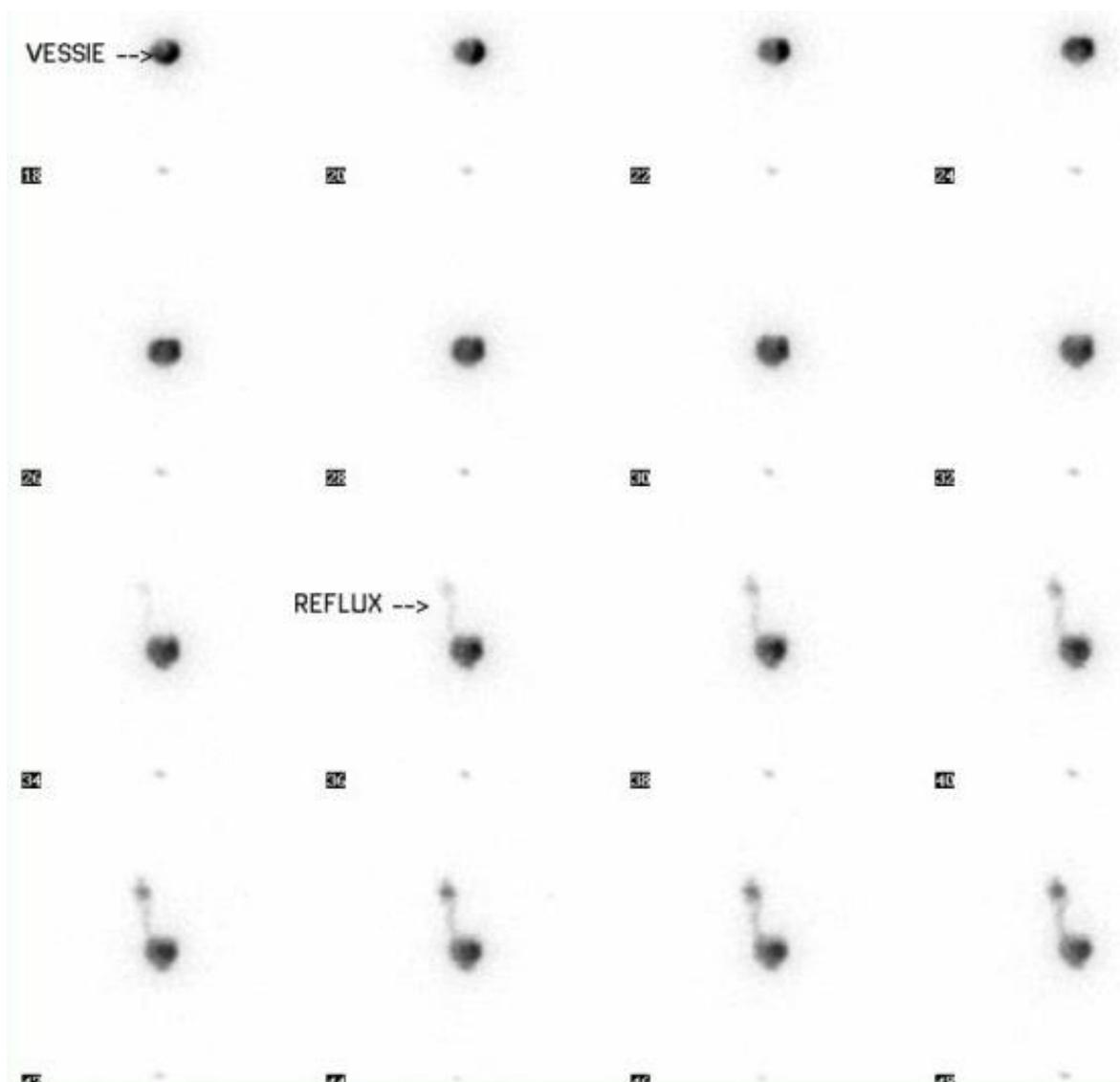


Table 2 : Phase de remplissage et identification d'un RVU en cystographie isotopique (d'après [36])

2.4.2.3 La cystosonographie

Bien qu'elle ne soit pas encore définie comme examen de référence, la cystosonographie permet également le diagnostic de RVU. Elle est particulièrement appréciée des radiologues pour le suivi des RVU puisqu'elle n'expose pas l'enfant aux radiations.

Elle reprend les principes d'injection intra vésicale d'un produit de contraste pour établir le diagnostic de RVU, mais avec une acquisition des images par échographie, afin de ne pas exposer l'enfant à des radiations ionisantes.

Cet examen sera décrit plus en détail dans le paragraphe 3, page 23.

2.4.2.4 Scintigraphie DMSA

La scintigraphie au DMSA n'a pas de but diagnostique, mais pronostic.

Elle est l'examen de référence pour le dépistage de cicatrices rénales, elle permet l'évaluation des dommages parenchymateux et oriente donc la décision thérapeutique chez les patients présentant un RVU [20,32]. Ces cicatrices ne sont visibles que 6 mois après l'épisode infectieux. Environ 50% des zones présentant une mauvaise absorption des traceurs au cours de l'infection entraînent une détérioration permanente du parenchyme rénal [32].

Elle peut également être utilisée en phase aiguë pour documenter une présence de PNA en cas de doute diagnostique.

La scintigraphie est un examen irradiant avec une dose effective comprise entre 1,10 et 1,18mSv [9,37].

Voici en Table 3 un comparatif des différentes doses de radiations en médecine.

Evènement	Estimation de la dose de radiation
Exposition annuelle moyenne en France	4,5 mSv
Exposition naturelle en France	2,9 mSv
TDM thoraco-abdomino-pelvien avec injection de produit de contraste	18,5 mSv
Scanner abdominopelvien sans injection	6-9 mSv
Urographie	3 à 5 mSv
Scanner <i>low dose</i>	<3 mSv
TDM cérébral	2 mSv
ASP	1,2 à 1,9 mSv
Scintigraphie	1,10 à 1,18 mSv
Radiographie de thorax	0.05 mSv
Panoramique dentaire	0,006 mSv

Table 3 Tableau comparatif des doses de radiations en France [38]

2.5 Gradation

La gradation universellement utilisée et acceptée est celle introduite en 1985 par « *The International Reflux Study in Children* » [39]. Elle se base sur l'arrivée ou non du produit de contraste aux reins et sur la dilatation du système collecteur [40] (Figure 9).

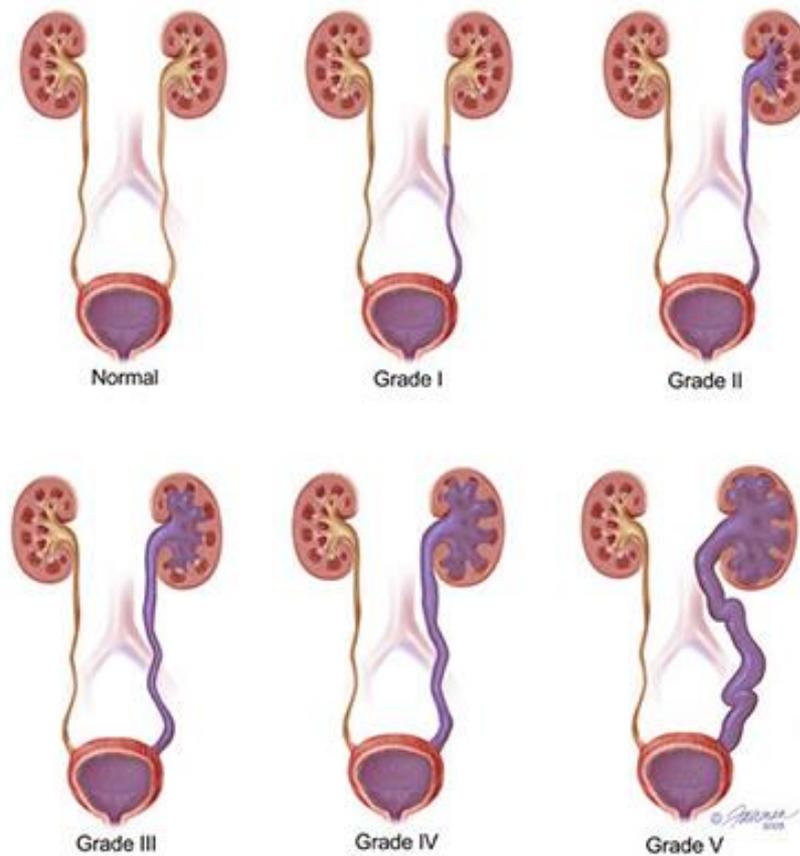


Figure 9 : Schémas anatomique représentant les différents grades de RVU (d'après [41])

Grade	Aspect radiographique
Grade I	Uretères
Grade II	Uretères, bassinet et calices. Pas de dilatation
Grade III	Dilatation légère à modérée des uretères et du bassinet
Grade IV	Dilatation modérée des uretères, du bassinet et des calices
Grade V	Dilatation sévère des uretères, du bassinet et des calices. L'empreinte papillaire n'est plus visible

Table 4 : Définition des différents grades de reflux selon la gradation internationale

Il a été montré que ce système de gradation d'un reflux vésico-urétéral, d'abord mis en place pour la cystographie, peut être utilisé pour graduer un reflux diagnostiqué à la cystosonographie [42,43].

2.6 Traitement

L'objectif principal du traitement est la préservation de la fonction rénale, en minimisant le risque de PNA.

Le traitement peut suivre trois modalités : le traitement chirurgical, le traitement endoscopique, ou le traitement conservateur.

La stratégie thérapeutique se base avant tout sur le grade du reflux (établi en cystographie rétrograde ou en cystosonographie), sur la récurrence des PNA, et sur la présence ou non de cicatrices rénales à la scintigraphie ainsi que leur importance et de l'âge de l'enfant [21].

La prise en charge est donc plus agressive pour les reflux de stade V qui ont un taux de résolution spontanée plus faible et pour les enfants présentant des cicatrices rénales, ceux-ci ayant un pronostic plus réservé.

De plus, dans de nombreux cas (85,5% pour les grades I et II [44]), le RVU est spontanément résolutif dans les 4-5 ans suivant l'apparition des symptômes [10,11,20,45]. L'enjeu est alors de protéger le capital néphronique des agressions des potentielles infections à répétition avant une éventuelle résolution du reflux.

2.6.1 Traitement conservateur

Il s'agit d'une chimioprophylaxie par antibiothérapie continue à faible dose à poursuivre jusqu'à la disparition prouvée du reflux.

L'objectif principal du traitement conservateur est de stériliser les urines refluentes. En effet, il n'a pas pu être démontré que le reflux (en excluant les cas obstructifs) était à l'origine de cicatrices rénales lorsque des urines infectées n'y sont pas associées [20,46]. Il est donc primordial durant la chimioprophylaxie de dépister précocement toute réinfection et de s'assurer de la stérilité des urines au cours du traitement par des contrôles réguliers de celles-ci.

Les principales limites de cette prise en charge sont le faible taux d'observance, les effets indésirables du traitement et le développement de résistance bactérienne aux antibiotiques [13].

2.6.2 Traitement chirurgical

Le principe général de la chirurgie du reflux, généralement défini comme une réimplantation urétérale, est l'élongation du tunnel urétéral sous-muqueux avec création d'un mécanisme de clapet.

Il consiste en une réorientation et réimplantation des uretères dans la vessie souvent effectuées selon la technique opératoire de Cohen (Figure 10), gold standard avec plus de 95% de réussite [47]. Il est indiqué en cas de RVU de haut grade, avec récurrence fréquente de PNA malgré une antibiothérapie bien suivie, et ou un retentissement rénal prouvé à la scintigraphie.

Les complications opératoires sont le reflux temporaire dans l'uretère controlatéral et l'obstruction urétérale.

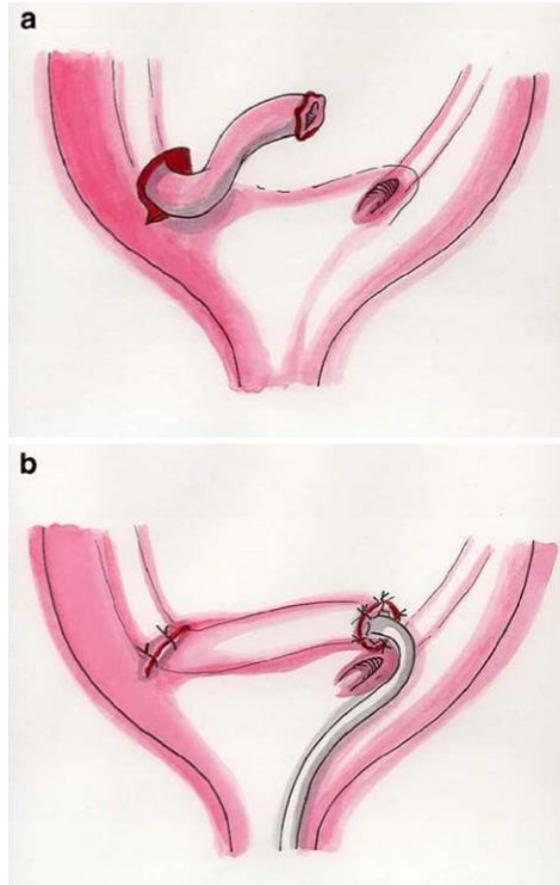


Figure 10 : a. intervention de Cohen, mobilisation de l'uretère par voie intravésicale. b. Orifice urétéral à l'extrémité du tunnel sous-muqueux d'après [47]

2.6.3 Traitement endoscopique

L'intervention consiste à remodeler l'implantation de l'uretère dans la vessie en injectant un implant dans la paroi vésicale. Cette modification restaure un mécanisme anti-reflux (Figure 11).

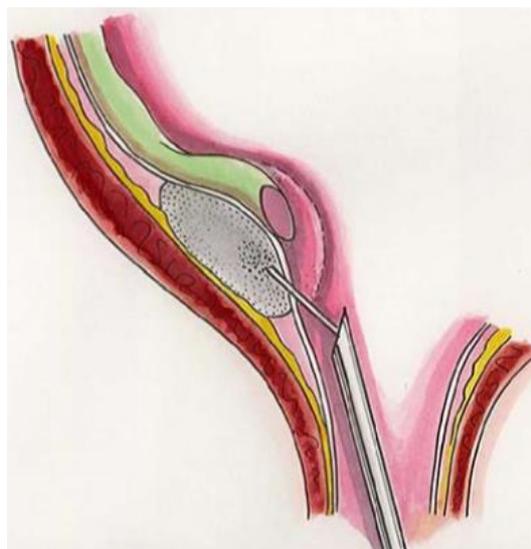


Figure 11 : Injection endoscopique sous-urétérale d'après [47]

Le traitement endoscopique est proposé dans le cas de reflux de bas grade avec des épisodes d'infections urinaires hautes répétés. Le taux de succès variant selon les grades est de 77,1% à 92% selon les études [11,47,48].

3 Cystosonographie

3.1 Fondements physiques

3.1.1 Échographie

L'échographie est une technique d'imagerie qui se base sur l'émission d'une onde ultrasonore puis de la réception de l'onde réfléchiée ou diffusée. En fonction du tissu traversé, les ondes sont plus ou moins réfléchies. La sonde émettrice détectera l'écho engendré par la réflexion ou diffusion, un signal électrique est créé et forme donc un signal vidéo.

3.1.2 Échographie de contraste

Le principe général de l'échographie de contraste est de coupler une image échographique, avec une injection d'un produit de contraste échographique à base de microbulles de gaz [49].

L'apparition de produit de contraste échographique stable remonte à plus de 20 ans maintenant. Plusieurs générations de produit de contraste ont vu le jour depuis, contenant des micro-bulles de plus en plus petites, plus stables, plus résistantes avec une durée de vie plus longue. Le principe de base est identique, utilisant des microsphères remplies d'air ou de gaz, contenues dans une solution saline [50].

Grace à une forte réponse harmonique, la détection des produits de contraste de 2^e génération comme le SonoVue®, est possible à de faibles pressions acoustiques, ce qui préserve encore plus les micro-bulles [51]. Ensuite, le développement de l'imagerie harmonique, basée sur la propagation non linéaire des ondes ultra-sonores, a permis d'augmenter le contraste et la résolution spatiale et d'améliorer la capacité des VUS à représenter les microbulles [52–54].

Suivant les indications, l'injection de produit de contraste en échographie peut se faire par voie intracavitaire ou par voie intraveineuse.

La voie intraveineuse, beaucoup moins fréquente chez l'enfant, est utilisée pour la recherche de problèmes vasculaires comme la perméabilité des vaisseaux mais aussi la recherche de lésions focales d'organes comme les tumeurs, lésions traumatiques, infections et l'évaluation de la perfusion d'organes [55,56].

La voie intracavitaire est principalement représentée par la cystosonographie ou échocystographie, utilisée chez l'enfant dans le cadre de la recherche de RVU, avec une injection intravésicale de produit de contraste. Elle est plus rarement utilisée pour la recherche de malformations génitales (sonogenitographie) ou la recherche d'anomalies urétrales (sonouretrographie) [55].

3.1.3 Cystosonographie

Le principe général de la cystosonographie ou échocystographie est donc de coupler une image échographique des voies urinaires, avec une injection d'un produit de contraste échographique à base de microbulles de gaz dans la vessie [49].

Le produit de contraste est donc injecté dans la vessie avec du sérum salé. Les propriétés acoustiques de ces microbulles remplies d'air ont rendu l'urine échogène et donc sa visualisation dans les voies urinaires hautes en cas de reflux.

Des méta-analyses et autres études montrent également que la cystosonographie est comparable à la cystographie rétrograde pour le diagnostic du RVU [57–60]. Certains auteurs recommandent d'ailleurs la cystosonographie plutôt que la cystographie rétrograde devant l'efficacité et l'absence de radiations ionisantes [51–53].

3.2 Avantages et inconvénients

La cystosonographie a l'avantage d'être un examen peu coûteux, dynamique avec une bonne représentation spatiale, et surtout sans irradiation.

Selon les études, la sensibilité est comprise entre 80 et 100% et la spécificité entre 77 et 98% [31,32,61–66]. En plus d'être très sensible et spécifique, la cystosonographie a fait preuve d'une plus grande précision dans l'évaluation du grade du RVU [57].

Elle fait donc preuve d'une grande sensibilité et spécificité de diagnostic du RVU et élimine la nécessité d'une exposition aux radiations chez les enfants [43,51,52,62,64,67,68]. La cystosonographie est d'ailleurs plus sensible que la cystographie rétrograde, notamment dans les reflux de haut grade, et donne également plus de précision anatomique [40]. Elle permet une plus grande précision dans l'évaluation du grade du RVU. Enfin certaines études montrent que 56% des RVU manqués à la cystographie rétrograde ont été dépistés par la cystosonographie [52,56].

Le produit de contraste entraîne très peu d'effets indésirables, représentés principalement par une dysurie, une rétention d'urine ou encore un inconfort abdominal. Dans tous les cas il s'agit d'effets mineurs sans grande répercussion clinique ou pronostic [56,69].

Son acquisition d'images dynamiques plus longues convient également à la nature intermittente du RVU [43], en effet les microbulles sont stables pendant environ 6 heures [52]. Mais la durée de l'examen après une injection dure en moyenne 15 à 20 minutes [51,52].

La durée de cet examen peut être un frein car il est pratiqué chez de jeunes enfants parfois impatients, mais cela devient un avantage quand on sait que le RVU est en général intermittent [57,70].

La principale limite de cet examen est la difficulté d'évaluer les pathologies urétrales chez le garçon [71], même si certaines études tendent à prouver le contraire [70,72,73].

De plus, une forte échogénicité due au produit de contraste peut entraîner une mauvaise visibilité des uretères en distalité et entraîner des faux négatifs pour les RVU de grade 1 [43], bien que des modifications techniques permettent de diminuer cet écueil [72].

Il faut également noter que c'est un examen opérateur dépendant encore réservé aux centres experts manquant encore de standardisation [50,57,74].

3.3 Protocole d'examen

Dans un premier temps l'indication doit être posée, ici la suspicion de RVU devant des pyélonéphrites (PNA) à répétition.

Ensuite quelques consignes sont données pour préparer l'examen. Il n'y a pas de restriction alimentaire nécessaire. Un ECBU peut être réalisé pour éliminer une infection urinaire (IU) en cours. Selon les services et le patient une sédation peut être réalisée.

L'examen est ensuite réalisé et suit plusieurs étapes [75]:

- Cathétérisation soit par voie naturelle soit par ponction sus-pubienne
- Échographie standard de la vessie et des reins
- Remplissage de la vessie par du sérum salé isotonique
- Injection du produit de contraste préalablement choisi. La dose dépendra de l'équipement, de la durée, de l'âge de l'enfant, des compétences de l'examen, etc., l'injection doit être la plus lente possible sous contrôle échographique.
- Réalisation de l'échographie suivant différents modes échographiques pour détecter les microbulles (mode fondamental, mode Doppler, mode Harmonique, dans différentes positions (allongé, debout, en fonction de la compliance de l'enfant), avec balayage du côté gauche vers la droite pendant l'examen. Plusieurs remplissages possibles chez les enfants les plus jeunes.
- Après la miction échographie des reins et de la vessie

Enfin il s'agit de faire l'interprétation de l'examen et de confirmer le reflux par la visualisation de micro-bulles dans les uretères ou au niveau des reins (Figure 12).

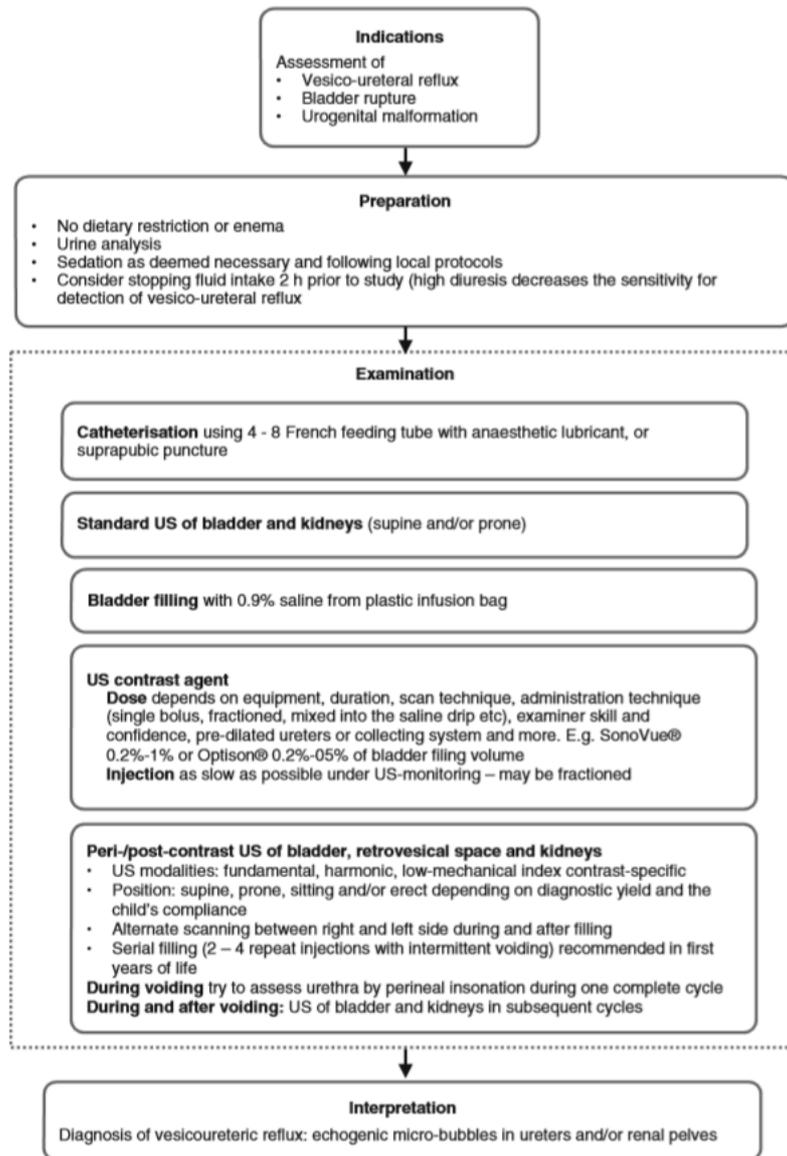


Figure 12 recommandation procédurale sur la cystosonographie mictionnelle 2008 (d'après [75])

4 Information au patient

4.1 Définition

L'information médicale, délivrée par un professionnel de santé, est destinée à éclairer le patient sur son état de santé et lui permet, en connaissance de cause, de prendre les décisions sur sa santé en fonction de ce qu'il estime être son intérêt. Elle permet ainsi au patient d'accepter ou refuser un acte qui lui est proposé. Dans ce cadre, l'information doit porter sur la nature, l'objectif et le déroulement de l'acte en question et du suivi éventuel [76].

4.2 Cadre légal

L'information médicale est un droit pour le patient, un devoir pour le médecin.

La loi du 4 mars 2002 reconnaît un droit pour toute personne d'être informée sur son état de santé par les professionnels de santé [77]. Tous les professionnels de santé sont concernés, peu importe le mode ou le lieu d'exercice. L'information doit être la plus précise possible et porte sur :

- différentes investigations, traitements ou les actions de prévention préconisés ;
- leur utilité et leur urgence éventuelle ;
- leurs conséquences ;
- les risques fréquents ou graves normalement prévisibles qu'ils comportent ;
- les autres solutions possibles ;
- les conséquences prévisibles en cas de refus.

Le professionnel de santé doit, selon l'article 35 du code de déontologie médicale, « 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 »[78].

4.3 Le contenu de l'information

L'information porte sur l'état de santé de la personne. Le professionnel transmet à la personne, suivant ses compétences, les informations afin que cette dernière puisse prendre une décision en connaissance de cause.

L'information doit prendre en compte la situation de la personne, aussi bien sur le plan psychologique que social ou culturel.

L'information doit porter sur :

- L'état de santé de la personne et son évolution habituelle, avec ou sans traitement ainsi que sur sa qualité de vie.
- L'organisation, la description et le déroulement de l'acte ou des soins, et l'existence d'alternatives. L'information porte également sur les potentiels inconvénients, complications et risques prévisibles. Des conseils sont prodigués à la personne avec les précautions à suivre.

Il est primordial de présenter tous les choix possibles pour que la personne prenne conscience des enjeux de sa décision, que ce soit un accord ou un refus.

4.4 Les qualités de l'information

Peu importe le support (écrit ou oral), l'information se doit d'être :

- Synthétique, hiérarchisée et compréhensible par la personne
- Présenter les alternatives possibles si elles existent
- Présenter les bénéfices et les risques et inconvénients des actes ou soins envisagés.

4.5 Modalités de délivrance de l'information

4.5.1 Information orale

La transmission de l'information se fait lors d'un entretien individuel. L'information orale lors de l'entretien est primordiale.

Cet entretien permet d'adapter le contenu de l'information en fonction de la situation de la personne et de répondre aux questions qu'elle se pose.

La délivrance de l'information demande du temps, du tact, de l'écoute et un environnement adapté. Elle prend en compte les demandes de la personne. Si la personne ne souhaite pas être informée, sa volonté doit être respectée sauf si des tiers sont exposés à un risque de transmission. La personne concernée est alors la seule destinataire de l'information.

4.5.2 Information écrite

L'information peut également être écrite en complément de l'information orale. Elle est remise à la personne, ce qui lui permet d'en parler avec la personne de son choix et de s'y reporter. Aucune signature n'est demandée à la personne sur le document fourni.

Les supports multimédias peuvent compléter l'information orale ou écrite mais ne peuvent s'y substituer. L'élaboration des documents doit reposer sur une méthode définie et transparente.

4.6 L'information délivrée au mineur

Le mineur, tout comme l'adulte, a le droit à l'information. Ce droit est ici exercé par les titulaires de l'autorité parentale (parents ou tuteurs), dans l'intérêt de l'enfant.

L'information délivrée doit être adaptée à son degré de maturité. L'objectif est d'associer le jeune patient à la prise de décision bien que la décision soit prise par les titulaires de l'autorité parentale.

Il existe deux exceptions, lorsque le patient s'oppose à l'information des titulaires de l'autorité parentale pour garder le secret sur son état de santé [79] ou lors des interruptions volontaires de grossesse et des contraceptions [80].

Dans le cas où, malgré les efforts du médecin, le mineur refuse d'impliquer les titulaires de l'autorité parentale, le médecin peut mettre en œuvre le traitement ou l'intervention, seulement si la santé du mineur est en jeu. Cette dérogation ne concerne que le médecin et non tous les professionnels de santé [81]. Le mineur se fait alors accompagner d'une personne majeure de son choix.

En fonction de l'âge du patient, un entretien singulier peut être proposé.

Si le mineur n'a qu'un titulaire de l'autorité parentale, le professionnel de santé délivre les informations à ce dernier.

S'il existe deux titulaires de l'autorité parentale mais qu'un seul est présent, le professionnel lui fait part de la nécessité d'informer l'autre personne titulaire de l'autorité parentale[82].

4.7 L'information entre professionnels de santé

La transmission d'information entre professionnels de santé est régie par le décret n°2016-994 du 20 juillet 2016 [83]

Plusieurs professionnels de santé peuvent participer à la prise en charge du patient, au sein du même service mais aussi en-dehors. Il est donc nécessaire de réguler cette

transmission d'information. Cet échange peut se faire au sein d'une équipe de soins ou avec d'autres professionnels de santé, médicaux ou paramédicaux.

Il est important de noter qu'à tout moment le patient peut s'opposer à un échange ou partage d'information le concernant [84].

4.7.1 Conditions générales et définitions

L'échange consiste à transmettre des informations à un ou plusieurs professionnels destinataires identifiés après information du patient. Cet échange faisant partie du dossier médical, le patient peut demander à y avoir accès à tout moment.

Le partage met à disposition à d'autres professionnels de santé, en général sur une base informatisée de dossiers, des informations relatives à un patient pour permettre la continuité des soins.

Les informations médicales ne peuvent être échangées qu'entre professionnels de santé entrant dans la prise en charge du patient.

L'échange de ces informations doit avoir pour but de veiller à la continuité des soins afin d'assurer la meilleure prise en charge.

L'accord du patient se définit juridiquement de deux manières :

- Le droit d'opposition qui est un accord implicite, sauf opposition exprimée de la part du patient (par exemple au sein d'une équipe de soin)
- Le recueil du consentement pour lequel l'accord du patient doit être explicite (en dehors des équipes de soins).

L'information du patient est dans tous les cas primordiale pour qu'il puisse exercer ses droits. Elle peut être effectuée par tous les moyens, tout comme le recueil du consentement, il n'y a pas de formalisme particulier décrit dans la loi [85].

4.7.2 Échange d'information au sein d'une équipe de soins

Une équipe de soin est une structure variable dans le temps, extensible, en fonction de l'état de santé du patient. Elle se compose de professionnels de santé mais également des professionnels de la sphère sociale ou médico-sociale. Le patient doit être informé de la composition de l'équipe de soin et de son évolution pour pouvoir exercer ses droits [86].

Pour faire partie d'une équipe de soin, les intervenants doivent remplir deux conditions cumulatives :

- Ils doivent « participer directement au profit d'un même patient » pour sa prise en charge
- Faire partie d'une même structure

L'échange est possible entre professionnels de cette équipe de soins, sauf opposition du patient, mais ne nécessite pas son consentement, à deux conditions :

- Seules les informations strictement nécessaires à la coordination ou à la continuité des soins, à la prévention ou au suivi médico-social et social du patient sont partagées
- Dans le périmètre de leurs missions.

4.7.3 Échange ou partage entre professionnels de santé et autres professionnels du champs social ou médico-social.

Les professionnels doivent participer activement à la prise en charge globale du patient pour pouvoir accéder au dossier du patient.

Tout comme pour l'échange au sein d'une équipe de soin, deux conditions limitent cet accès à l'information :

- Seules les informations strictement nécessaires à la coordination ou à la continuité des soins, à la prévention ou au suivi médico-social et sociale du patient sont visées
- Dans le périmètre de leurs missions.

4.7.4 Entre médecins

L'échange d'informations entre médecins participant à la prise en charge du patient est primordiale pour la coordination et la continuité des soins. Le patient doit être informé et ne pas s'y opposer [86].

4.7.5 Les médecins auxquels on ne peut pas transmettre

4.7.5.1 Les médecins d'une compagnie d'assurances

Le médecin ne peut transmettre directement au médecin de la compagnie d'assurance les informations médicales d'un patient. Le médecin transmettra les éléments demandés au patient et l'informer des conséquences de la transmission. Le patient décidera après information éclairée si il transmet au médecin de l'assurance [86].

4.7.5.2 Au médecin expert judiciaire

L'ordonnance du magistrat lui confiant une mission d'expertise ne suffit pas à autoriser au médecin expert le droit d'accès aux informations médicales protégées par le secret. Deux solutions sont alors envisagées :

- Remettre à la demande du patient les informations demandées, à charge pour le patient de remettre à l'expert les documents
- Informer le patient de la démarche de l'expert et lui faire confirmer par écrit qu'il ne s'oppose pas à la transmission de l'information au médecin expert.

4.7.5.3 Au médecin du travail

Le médecin remet alors les informations demandées directement au patient. Le patient décidera lui-même de le remettre au médecin du travail.

4.8 L'information contenue dans le compte-rendu médical

4.8.1 Définition

Le compte-rendu radiologique (CRR) est défini comme étant une « *transcription écrite en termes clairs et sans ambiguïté et une transmission des différentes étapes de l'examen (indications, techniques de réalisation, résultats, synthèse et conclusion médicale* » [87].

Le CRR fournit une trace écrite de l'acte réalisé, ayant une valeur médico-légale et permet de valoriser l'acte radiologique comme acte médical.

4.8.2 Obligations

Les articles 34, 35, 60 et 64 du code de déontologie médicale définissent les obligations des radiologues concernant le CRR.

Il est partie intégrante de l'acte radiologique, à ce titre il est obligatoire. Le risque est une mauvaise interprétation par un autre médecin, ce qui est condamnable par les tribunaux.

Il doit également être conservé 20 ans après le dernier contact avec le patient, et pour les enfants au moins jusqu'à la date de leur 28^e anniversaire (décret 2006-6 du 4 janvier 2006)

4.8.3 Transmission de l'information

Le CRR doit être remis au patient dans la pratique libérale et a pour but de délivrer une information claire, loyale et appropriée.

L'information au médecin traitant et au prescripteur (après avoir demandé la liste au patient) est obligatoire. Le radiologue doit s'assurer de la transmission et de la bonne réception du CRR. En cas d'urgence, le compte-rendu peut être fait par téléphone, ce qui est alors mentionné dans le CRR.

4.8.4 Contenu du CRR

La longueur d'un CRR n'est pas standardisée, elle doit être adaptée à la pathologie et à la question posée. Les termes médicaux courants doivent être privilégiés aux termes radiologiques complexes et les abréviations doivent être évitées [87,88].

Les identifications doivent apparaître sur le CRR, à savoir [87] :

- Le nom, prénoms et date de naissance du patient
- La signature du radiologue qui doit être précédée du nom en toutes lettres
- Le médecin traitant et le ou les médecins prescripteurs.

En général, le CRR comporte quatre chapitres [87] :

- Indications
- Techniques
- Résultats
- Synthèse et conclusion.

Depuis l'arrêté du 22 septembre 2006, la dose reçue par le patient sur certaines zones anatomiques (tête, cou, thorax, le pelvis ou l'abdomen) doit être mentionnée dans le CRR [89].

5 Objectif

L'imagerie médicale joue un rôle primordial dans la prise en charge du RVU, et à différents stades : le diagnostic et le suivi à distance. Le RVU étant pourvoyeur de complication rénale, infectieuse et fonctionnelle, son diagnostic est primordial. L'examen de référence reste la cystographie rétrograde, mais la cystosonographie commence à prendre une place plus importante dans la prise en charge du RVU face aux nombreux avantages de cet examen.

Nous sommes partis de l'hypothèse qu'il est possible de déterminer une liste d'attributs qui résumant les résultats d'un compte-rendu de cystosonographie chez l'enfant présentant un RVU. 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 donc d'améliorer la coordination des soins entre médecins participant à la prise en charge d'un reflux vésico-urétéral chez l'enfant, et d'améliorer la communication didactique des résultats d'examen au patient.

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

- de définir le contenu type du compte rendu de cystosonographie réalisé pour un RVU.
- de proposer une solution simple et portable d'interopérabilité pour partager cette information structurée à un professionnel équipé d'un logiciel adapté
- de proposer, sur cette même base, une méthode de génération d'iconographie schématique à destination du patient notamment.

Article en Anglais

1 Introduction

1.1 Vesicoureteric reflux

Vesicoureteric reflux (VUR) is a very common urological anomaly in children, with an incidence of nearly 1% in the general population [12–14]. In children with a urinary tract infection (UTI), the incidence of VUR is 30-50% [12].

VUR can potentially lead to serious consequences in children such as kidney scarring, hypertension and renal failure, hence the importance of a rapid diagnosis to preserve kidney function.

The reference imaging for diagnosis of VUR is retrograde cystography [22,26] but this examination is ionising and potentially harmful to the child. This is why cystosonography (or “Contrast-enhanced voiding urosoundography”, ceVUS) is intended to be a non-ionising but equally effective alternative for the diagnosis of VUR with a sensitivity between 80 and 100% and specificity between 77 and 98%. Studies show that cystosonography and retrograde cystography are comparable in the diagnosis of VUR, and therefore suggest that cystosonography should be performed as a first-line with regard to the low level of undesirable effects of this examination [51–53,57–60].

1.2 Medical information

Medical information is a key point of a patient care. It informs the patient about his/her state of health and enables him/her to make a decision about his/her health. The objective is for the patient to understand his/her state of health in order to improve his/her adherence to care.

In medical imagery, medical information is provided through the examination report. The improvement of these medical reports benefits from a growing interest in the literature [90–92]

In the context of this work, the examination in question mainly concerns the paediatric population.

Children, on the same level as adults, have the right to benefit from information on their state of health and on the medical examinations they would undergo. The information provided is adapted to the child's level of understanding, but it remains essential to involve the minor patient in the decision-making process, even if the decision is taken by the holders of parental authority (parents or guardians) [93,94].

The use of a simplified diagram containing the information in a medical report could improve communication with the patient and his/her parents and improve the subsequent understanding of the medical report [95].

The dematerialization of medical data is now widely democratized in many areas of medicine. But the lack of compatibility between systems raises the problem of interoperability [96]. Until now, the reference transmission medium has been the paper-based transmission. Indeed, it allows unstructured textual information to be transmitted and stored efficiently and securely. One aim of this study is to show that it is possible

to transmit structured information via this communication channel in a structured manner.

1.3 Aim of the study

The strategic objective of this study is to facilitate exchanges between health professionals in the management of VUR in children and to improve the quality of the information provided to patients in order to improve their understanding, through a standardized and enhanced medical imaging report.

To achieve this aim we have developed a reproducible methodology to produce standardized imaging reports in the field of cystosonography for VUR screening in 5 steps [97]:

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

2 Material & methods

2.1 Field definition

2.1.1 Bibliographic review on guidelines

We carried out a bibliographical study using the Medline database (<https://pubmed.gov>), Google and Google Scholar in order to determine the recommendations for medical imaging reports in general, but also for retrograde cystography and especially cystosonography.

2.1.2 Bibliographic review on papers reporting imaging results

We searched the Medline database (on <https://pubmed.gov>) for articles mentioning imaging reports of children with VUR. This allowed us to identify the concepts that the authors found relevant to report in order to complete the database of their patients. We used the combination of keywords presented in Table 5 which led to the Pubmed query presented in Figure 13. Articles were selected according to their title and abstract. Some articles cited by the selected articles could also be analyzed, even if they did not appear on the initial query. The literature research was not systematic.

With the aim of annotating the papers, we set up a table summing-up the reported outcomes contained in inclusion/exclusion criteria, and in the exams' results

Table 5 : Definition of keywords

Disease and related	Imaging technique	Population
vesicoureteral reflux	Voiding cystourethrography	Children
Vesico-ureteral reflux	Contrast-enhanced voiding urosonography	Childhood
Dilatation	Voiding urosonography	child
Dilatations	Contrast-enhanced ultrasound cystoprahy	Paediatric
Hydronephrosis	Sonography	Pediatric
	retrograde echocystography	Pediatrics
	echocontrast cystosonography	Paediatrics
	retrograde cystography	Infant
	voiding cystography	Infants
	voiding urethrocystography	Baby
		Babies

```
(("vesicoureteral reflux"[Title/Abstract]) OR ("vesico-ureteral
reflux"[Title/Abstract]) OR ("dilatations"[Title/Abstract]) OR
("dilatation"[Title/Abstract]) OR ("hydronephrosis"[Title/Abstract]) )
AND (("voiding cystourethrography"[Title/Abstract]) OR ("voiding
urosonography"[Title/Abstract]) OR ("contrast-enhanced ultrasound
cystoprahy"[Title/Abstract]) OR ("contrast-enhanced voiding
urosonography"[Title/Abstract]) OR ("retrograde
echocystography"[Title/Abstract]) OR ("echocontrast
cystosonography"[Title/Abstract]) OR ("retrograde
cystography"[Title/Abstract]) OR ("voiding cystography"[Title/Abstract])
OR ("voiding urethrocystography"[Title/Abstract]) OR
("sonography"[Title/Abstract]) ) AND (("children"[Title/Abstract]) OR
("child"[Title/Abstract]) OR ("paediatric"[Title/Abstract]) OR
("childhood"[Title/Abstract]) OR ("pediatric"[Title/Abstract]) OR
("pediatrics"[Title/Abstract]) OR ("paediatrics"[Title/Abstract]) OR
("baby"[Title/Abstract]) OR ("babies"[Title/Abstract]) OR
("infant"[Title/Abstract]) OR ("infants"[Title/Abstract]) )
```

Figure 13 : Pubmed query

2.1.3 Definition of relevant fields

After identifying the recommendations in part 2.1.1 and the results in section 2.1.2, we were able to construct a list of elements to be included in the report.

We asked 3 independent experts to blindly review and criticize this list of items. The three experts were composed of an expert radiologist from our University Hospital, a general practitioner (GP), and a pediatric urologist. We held a consensus meeting to set up the final list of items to be reported on cystosonography report in VUR.

2.2 Data model

The list of fields was transformed into a data model, and modelled by an UML diagram (“Unified Modelling Language”) [98]. We then defined the corresponding JSON schema (“Java Script Object Notation” schema, draft 09-2019) [99] providing detailed information for each item. We then proposed a hypothetical result serialized using the YAML syntax (“Yaml Ain’t Markup Language”, version 1.2) [100]. YAML syntax allows structured data to be integrate into a fairly short and readable string representation. Finally, we used the web-based open source e-CRF tool Goupile [101], to produce a shareable easy-to-use form for any ceVUS. The form is intended to produce the data following the YAML syntax defined above.

2.3 Textual report

From the YAML representation of the results of an examination, we were able to propose a template, mapped to the data model, to automatically generate a text report.

2.4 2D visualization

A printable 2D schematic of the main paraclinical presentation of the RVU, based on the reflux graduation, has thus been created.

This schematization is intended to be presented to the patient, independently of the medical report, to serve as an explanatory support.

To illustrate this process, we manually generated several examples of 2D models. We submitted these mock-ups to 10 GPs and 8 patients for feedback. We improved the mock-ups iteratively. Only the final models are presented here.

In this preliminary study, the aim was not to develop the engine to automatically generate 2D representations from YAML data, but rather to define a basic model, and to match the intended modification to the previously defined fields.

2.5 QR code

The YAML data serialization file was converted to a QR Code using a QR Code generator in python [102] It should be noted 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 include up to 2953 bytes. Data recovery has been tested using 4 different models of modern smartphones[103].

3 Results

3.1 Field definition

3.1.1 Bibliographic review on guidelines

Although there are no actual recommendations regarding the content of a medical report, according to the French health regulation authority, *Haute autorité de Santé* (HAS) [104] and from the *French society for Radiology SFR* [87], a medical report should generally comprehend five chapters :

- identity of the patient and the radiologist,
- indication,
- imaging technique,
- results,
- summary and conclusion.

More specifically for pediatric urinary tract ultrasound report, it should include other items:

- The aspect and size of the kidneys, the average size and size range for the child's age.
- The existence of a double system.
- The uni or bilateral character of the anomalies.
- The degree of cortico-medullary differentiation.
- Presence of mass.
- Presence of renal or ureteral calcification.
- A description of the dilatation with measurements of the anteroposterior diameter of the pelvis on a transverse section, the diameter of the lower ureter
- The appearance of the bladder, the wall thickness, and its emptying capacity with the calculation of the post-void residue.
- A possible distension of the posterior urethra especially in case of bilateral dilatation in boys.

The diagnosis and evaluation of a VUR is based on the graduation of the reflux [105]. It is graded according to the degree of ureteral and pyelocaliceal dilatation. Initially developed for retrograde cystography, this scale is also perfectly adapted to ceVUS [57]. It has five levels based on the degree of dilatation of the urinary excretory tract.

This graduation therefore has five levels based on whether or not the contrast agent reaches the kidneys and on the dilatation of the collecting system:

- grade 1: contrast agent only in the ureter;
- grade 2: contrast agent in the renal pelvis; no significant renal pelvic dilatation;
- grade 3: contrast agent in the renal pelvis, significant renal pelvic dilatation and moderate calyceal dilatation;
- grade 4: contrast agent in the renal pelvis, significant renal pelvic dilatation and significant calyceal dilatation;
- grade 5: contrast agent in the renal pelvis, significant renal pelvic dilatation and calyceal dilatation, loss of renal pelvis contour and dilated tortuous ureters [57]

3.1.2 Bibliographic review on papers reporting imaging results

We can see in Table 6 the results found in the scientific articles we analyzed. It is noticeable that some criteria are described more frequently than others :

Table 6 Frequently reported outcomes, in clinical studies

Author	Study type	Population	US morphology	VUR graduation	Type of US model, and mode.	mechanical index	Contrast volume	contrast agent and dose	Child position	Contrast route	antibiotic prophylaxis	Length of the exam	adverse events
Damjana Kljucevšek et al. 2012	Comparative study	Aged 5 days to 1 year	Present	Present	Present	Present	Present	Present	Present	Present	Present		Present
Otukesh et al. 2011	Comparative study	< 15 years	Present	Present	Present	Present	Present	Present		Present			
A. Ntoulia et al. 2018	prospective pediatric phase I clinical trial	0 to 18 years	Present	Present	Present	Present	Present	Present		Present			
Faizah et al. 2015	Prospective study	1 month to 16 years	Present	Present	Present		Present	Present	Present	Present	Present		Present
Darge et al. 2001	Prospective study	2 weeks–15 years	Present		Present			Present	Present	Present		Present	
Chua et al. 2019	Meta-analysis	6 days to 17.5 years		Present	Present			Present		Present			
José et al. 2004	Prospective study	1,5 to 12 years		Present				Present		Present			Present
Riccabona et al. 2003	Prospective study	2 days to 9 years	Present	Present	Present			Present		Present			

Faizah et al. 2010	Prospective study	< 12 years	Present	Present	Present		Present	Present	Present	Present	Present		
Ascenti et al. 2004	Prospective study	3 months to 5 years	Present		Present	Present							
Papadopoulou et al. 2009	Prospective study	6 days to 13 years	Present		Present								
Kuzmanovska 2017	Retrospective study	2 month to 18 years	Present	Present	Present	Present	Present	Present		Present	Present		Present
Mentzel et al. 2002		3 weeks to 16 years	Present	Present	Present		Present	Present	Présent	Present	Present		Present
Duran et al. 2009		15 days to 9 years	Present		Present	Present	Present	Present		Present	Present	Present	
Wong 2014	Prospective comparative cross-sectional study	< 5 years	Present			Present	Present						
Kis et al. 2010		2 days to 44 months	Present		Present								
Duran et al. 2012	Retrospective descriptive study		Present										
Giordano et al. 2007	prospective study	1–120 months		Present	Present		Present	Present		Present	Present		Present

Berrocal et Al. 2001		3 days to 18 years	Present	Present	Present		Present	n	Present	Present	Present		
Battelino 2016		children	Present		Present	Present	Present	Present	Present	Present		Present	Present

Total :	75%	100	90	85	95	55	80	100	60	95	60	30	65
---------	-----	-----	----	----	----	----	----	-----	----	----	----	----	----

3.1.3 Definition of relevant fields

Based on our review of the literature concerning cystosonography in the VUR (Table 6), and after validation by our experts, we were able to draw up a list of relevant fields. This list includes:

- General elements:
 - elements relating to the identification of the patient, mandatory for any radiological report
 - elements on the characteristics of the examination
 - information on the conditions under which the ceVUS was performed
- Results of the exam:
 - description of the urinary tract
 - description of possible kidney damage
 - for the VUR, detailed the grade and localization
 - guidance and conclusion

Table 7 Detailed description of the selected fields

Entity	Attribute	Type	Cardinality	Use
Exam	<i>(patient's characteristics)</i>			
	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	Date		No
	Exam Type	Categorical		No
	Device model	String		No
	Device date	Date		No
	Exam Indication	String		No
	Previous exam	Categorical		No
	<i>(exam condition)</i>			
	Condition Contrast route	Categorical		No
	Contrast fillings	Integer		No
	Condition Urinalysis	Categorical		No
	Condition diversion	Categorical		No
	Condition exam duration	Categorical		No
	Condition quality	Categorical		No
	Antibiotic prophylaxis	Categorical		No
	<i>(morphological examination)</i>			
	Abnormal urinary tract	Categorical		No
	Urinary tract duplication	Categorical		No
	Renal transplant	Categorical		No
	Bladder aspect	Categorical		No
	Bladder volume	Numeric		No
	Urethra	Categorical		No
	Intraperitoneal effusion	Categorical		No
	Comment	String		No
	Upper Tract	<i>(results)</i>		1 Result: 0 ≤ n ≤ 8
	Parenchymal atrophy	Categorical		No
	Renal differentiation	Categorical		No
	Cortical cyst	Categorical		No
	Lateralisation	Categorical		No
	Diversion	Categorical		No
	Renal diameter	Integer		Yes
	Pelvic diameter	Integer		Yes
	Ureteral diameter	Integer		Yes
	Ureteral dilatation	Categorical		Yes
	Pyelocaliceal dilatation	Categorical		Yes
<i>(VUR results)</i>				
	Graduation	Categorical		Yes

3.2 Data model

From our list of fields, we have modelled a UML diagram, shown in Figure 14.

exam	
identifier	: string
patient_first_name	: string
patient_name	: string
patient_birth	: date
patient_gender	: categorical
institution	: string
physician	: string
exam_date_time	: date
exam_type	: categorical
device_model	: string
device_date	: date
exam_indication	: string
exam_previous	: categorical
condition_contrast_route	: categorical
condition_fillings	: integer
condition_urinalysis	: categorical
condition_exam_duration	: categorical
condition_quality	: categorical
antibiotic_prophylaxis	: categorical
bladder_aspect	: categorical
bladder_volume	: real
post_void_residual_bladder_volume	: real
urethra	: categorical
renal_transplant	: categorical
abnormal_urinary_tract	: categorical
intraperitoneal_effusion	: categorical
urinary_tract_duplication	: categorical
comment	: string
conclusion	: string
conclusion_validation	: boolean



0..8 UrinaryTractResult	
urinary_upper_tract_id	: hash (PK)
lateralisation	: categorical
upper_tract_diversion	: categorical
pyelonephritis_sign	: categorical
renal_contour_deformity	: categorical
renal_parenchyma	: categorical
renal_differentiation	: categorical
renal_height	: real
renal_diameter	: real
renal_volume	: real
previous_renal_height	: real
pyelocalyceal_dilatation	: categorical
interlabial_pelvis_diameter	: real
extrasinusal_pelvis	: real
pelviureteric_junction	: categorical
vesico_ureteral_reflux	: categorical

Figure 14 UML diagram

From the UML diagram, we have designed a JSON database schema, which defines for each entity the required properties and values. Figure 15 shows the first lines of the JSON schema. The complete file is in the Appendix 1.

```
{
  "$schema": "https://json-schema.org/draft/2019-09/schema#",
  "title": "Cystosonography Report",
  "type": "object",
  "required": ["patient_first_name", "patient_first_name", "patient_birth",
"conclusion_validation"],
  "properties": {
    "identifier": {
      "type": "string",
      "description": "Patient unique identifier",
      "minLen": 13,
      "maxLen": 13,
      "pattern": "^[0-9aAbB]{13}$"
    },
    "patient_first_name": {
      "type": "string",
      "description": "Patient's first name"
    },
    "patient_name": {
      "type": "string",
      "description": "Patient's name"
    },
    "patient_birth": {
      "type": "string",
      "description": "Date of birth, format yyyy-mm-dd",
      "format": "date"
    },
    "patient_gender": {
      "type": "string",
      "description": "patient gender",
      "enum": ["female", "male"]
    },
    "physician": {
      "type": "string",
      "description": "Physician responsible for the interpretation of the
imaging results"
    },
    "institution": {
      "type": "string",
      "description": "Institution in which the exam is performed"
    },
    "exam_date_time": {
      "type": "string",
      "description": "Date and time of exam, format yyyy-mm-ddThh:mm:ss",
      "format": "date-time"
    },
    "exam_type": {
      "type": "string",
      "description": "Cystosonography",
      "enum": ["Cystosonography"]
    }
  },
}
```

Figure 15 JSON schema (first lines)

Based on the JSON schema, we created a "fictitious" cystosonography report, and produced the corresponding YAML file Figure 16.

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

```
%YAML 1.2
---
Exam:
  schema: ICIPEMIR_us_urinarytract_cystosonography.schema.json
  identifier: id3139489200
  patient_first_name: John
  patient_name: Doe
  patient_birth: 2020-01-01
  patient_gender: "male"
  physician: Dr. No
  institution: CHR
  exam_date_time: 2021-09-09
  exam_type: Cystosonography
  device_model: APPLIO 500 - Toshiba + Sonovue
  device_date: 2020-01-01
  exam_indication: pyelonephritis
  exam_previous: cystography
  condition_contrast_route: ureteral
  condition_fillings: 2
  condition_urinalysis: CBEU
  condition_exam_duration: 20min
  condition_quality: good
  antibiotic_prophylaxis: "No"
  bladder_aspect: "Normal"
  bladder_volume: 110ml
  post_void_residual_bladder_volume: 0ml
  urethra: "normal"
  renal_transplant: "No"
  abnormal_urinary_tract: "No"
  intraperitoneal_effusion: "No"
  urinary_tract_duplication: "No"
  comment: NA
  urinary_tract_result:
    urinary_upper_tract_id: [uut1, uut2]
    lateralisation: [Left, Right]
    upper_tract_diversion: [No, No]
    pyelonephritis_sign: [No, No]
    renal_contour_deformity: [Normal, Normal]
    renal_parenchyma: [Normal, Normal]
    renal_differentiation: [Regular, Regular]
    renal_height: [45, 40]
    renal_diameter: [30, 35]
    renal_volume: [450, 400]
    previous_renal_height: [NA, NA]
    pyelocalyceal_dilatation: [No, Yes]
    interlabial_pelvis_diameter: [6, 20]
    extrasinusal_pelvis: [6, 24]
    pelvic_junction: [No, No]
    vesico_ureteral_reflux: [No, Grade IV]
    comment_on_urinary_tract: [NA, NA]
  conclusion: Unilateral right vesico ureteral reflux, grade IV.
  integrity_of_the_left_kidney:
  conclusion_validation: true
```

Figure 16 Example of YAML file

3.3 Textual report

We could then provide a model, designed to be populated with YAML data, and to automatically generate a text report. Figure 17 shows an example of a report generated from a pseudo-code based on this model.

```
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}
{physician name} {institution}

Indication:
{exam_indication}

Condition:
{condition contrast route},{condition fillings}, {condition urinalysis}, {condition diversion}, {condition
exam duration}, {antibiotic prophylaxis}.

Results:

{if parenchymal atrophy = "No"}
    No parenchymal atrophy.
{else}
    presence of a parenchymal atrophy

{if degree_of_renal_differentiation = "Regular"}
    Regular cortico-medullary differentiation
{else} {degree_of_corticomedullary_differentiation} cortico-medullary differentiation
...
{foreach urinary_upper_tract_results as uut}

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

    {if [utt]diversion <> "No"}
        No urinary tract diversion
    {else}
        Presence of a urinary tract diversion: [utt]diversion

    {if [utt]pyelocaliceal_dilatation = "No"}
        No pyelocaliceal dilatation
    {else}
        Pyelocaliceal dilatation, with {pelvic_interlabial_diameter} and
        {extrasinusal_diameter}mm.

    {if [utt]vesico_ureteral_reflux = "No"}
        No vesico ureteral reflux
    {else}
        Vesico ureteral reflux grade IV.

Conclusion:
{conclusion}. {comment}

{physician}
{institution}
```

Figure 17 Example of textual report

Appendix 2 shows the creation of an easy-to-use form based on the Goupile tool for cystosonography reports.

3.4 2D visualization

The schematic representation of vesico-ureteral reflux will use the grading model used to classify reflux. Figure 18 presents the baseline representation, it can also represent a normal urinary tract examen.

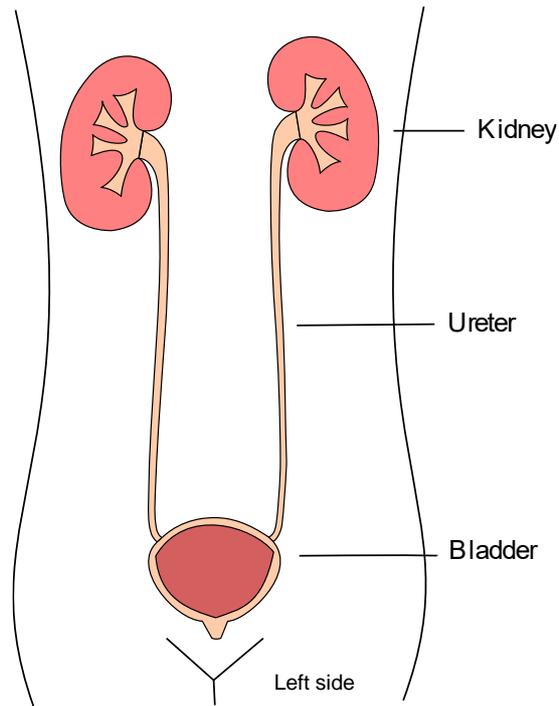


Figure 18 : Example of normal exam (baseline representation)

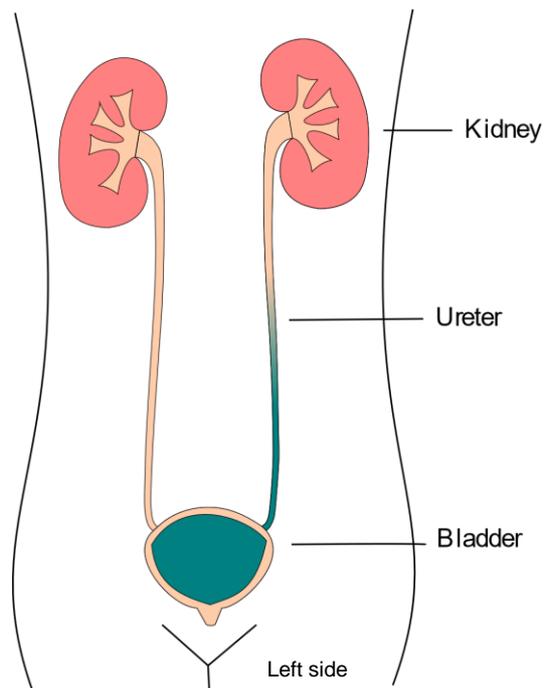


Figure 19 : RVU grade 1

Figure 19 represents the first grade of a RVU. In the first grade, the contrast agent (blue in the schema) is in the ureter only.

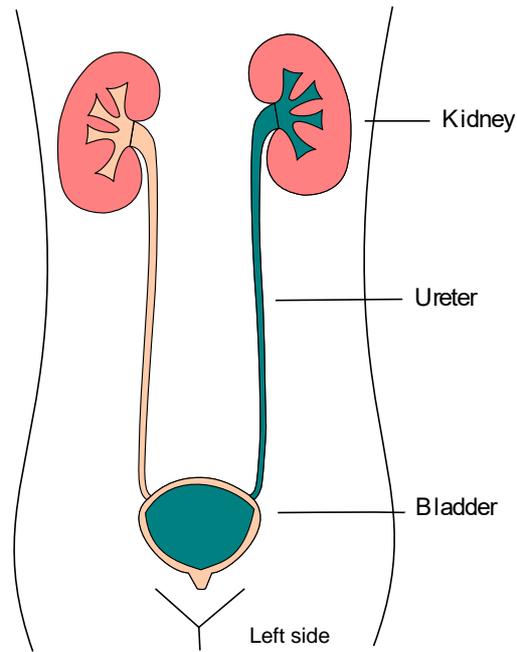


Figure 20 : VUR grade 2

Figure 20 represent the second grade of VUR. The contrast agent is in the renal pelvis, without dilatation.

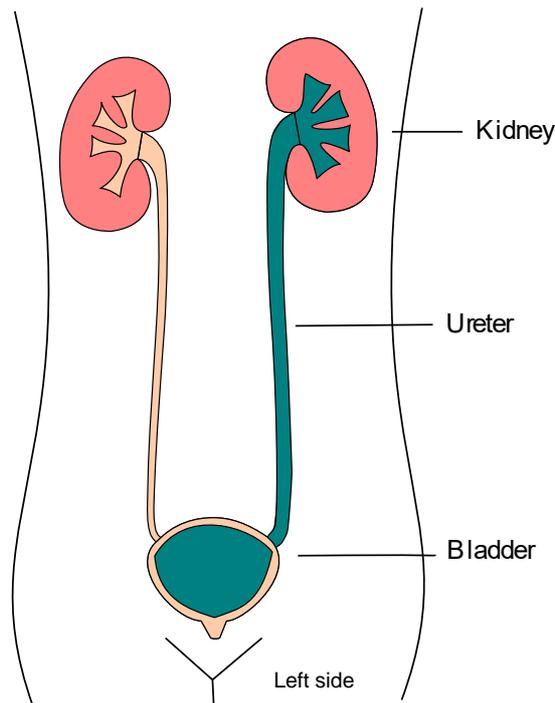


Figure 21 : VUR grade 3

Figure 21 shows the third grade of VUR. The contrast agent is in the renal pelvis, with a significant renal pelvic dilatation and moderate calyceal dilatation.

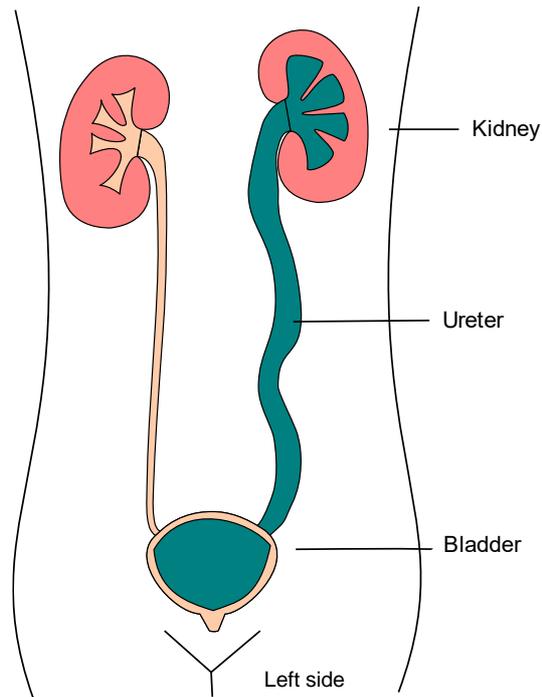


Figure 22 : VUR grade 4

Figure 22 illustrates the fourth grade of VUR. In the fourth grade, the contrast agent is in the renal pelvis, with a significant renal pelvic dilatation and significant calyceal dilatation.

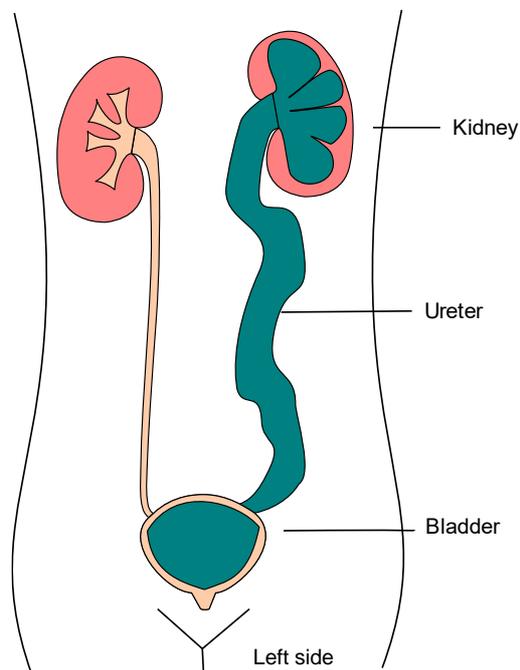


Figure 23 : VUR grade 5

Figure 23 present the fifth and last grade of VUR. In this grade, the contrast agent is in the renal pelvis, with significant renal pelvic dilatation and calyceal dilatation. We notice a loss of renal pelvis contour and dilated tortuous ureters.

We created a mapping between the data model, and the graphic representation elements. In the case of a normal urinary tract during the exam, it generated the

production of a basic diagram as in Figure 18. If a VUR is visualized, it leads to a modification of the predefined parameters corresponding to the schema.

Table 8 Correspondence between anatomical variation and representation

Field	Drawing parameter	Type of modification
renal_height	Kidney diameter (a)	Increase by a certain factor
renal_volume	Kidney volume (b)	Increase by a certain factor
pyelocaliceal_dilatation	Interlabial pelvic diameter (c)	Increase by a certain factor
ureteral_dilatation	Ureteral diameter (d)	Increase by a certain factor
vesico_ureteral_reflux	Blue color (e)	Depends on the grade of the reflux
Gender	Urethra (f)	Depends of gender

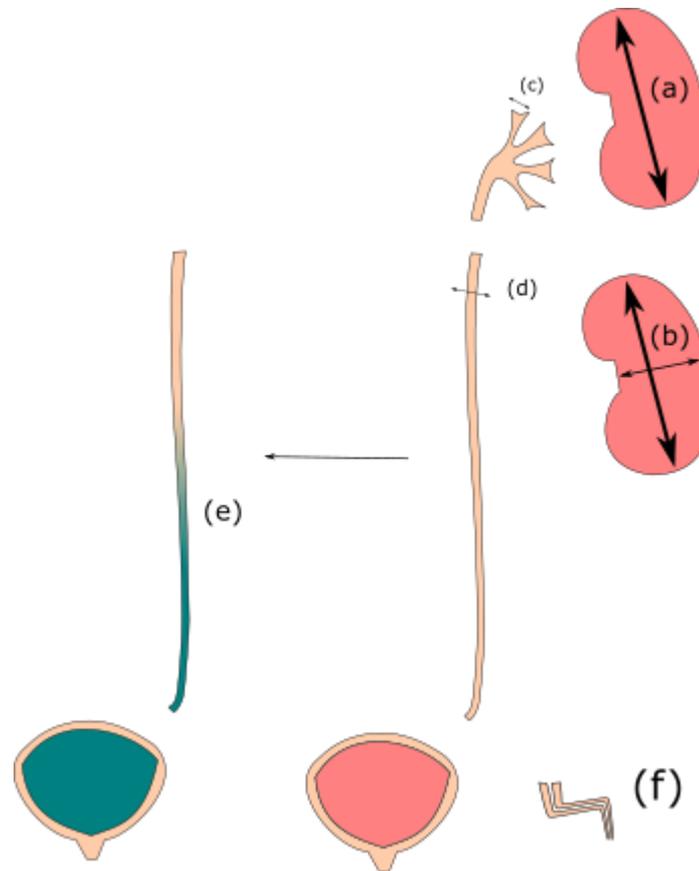


Figure 24 Exploded view

3.5 QR code

The model YAML file was converted to a QR Code as shown in Figure 25, containing a 1963 characters text file, with a 15% error correction level.

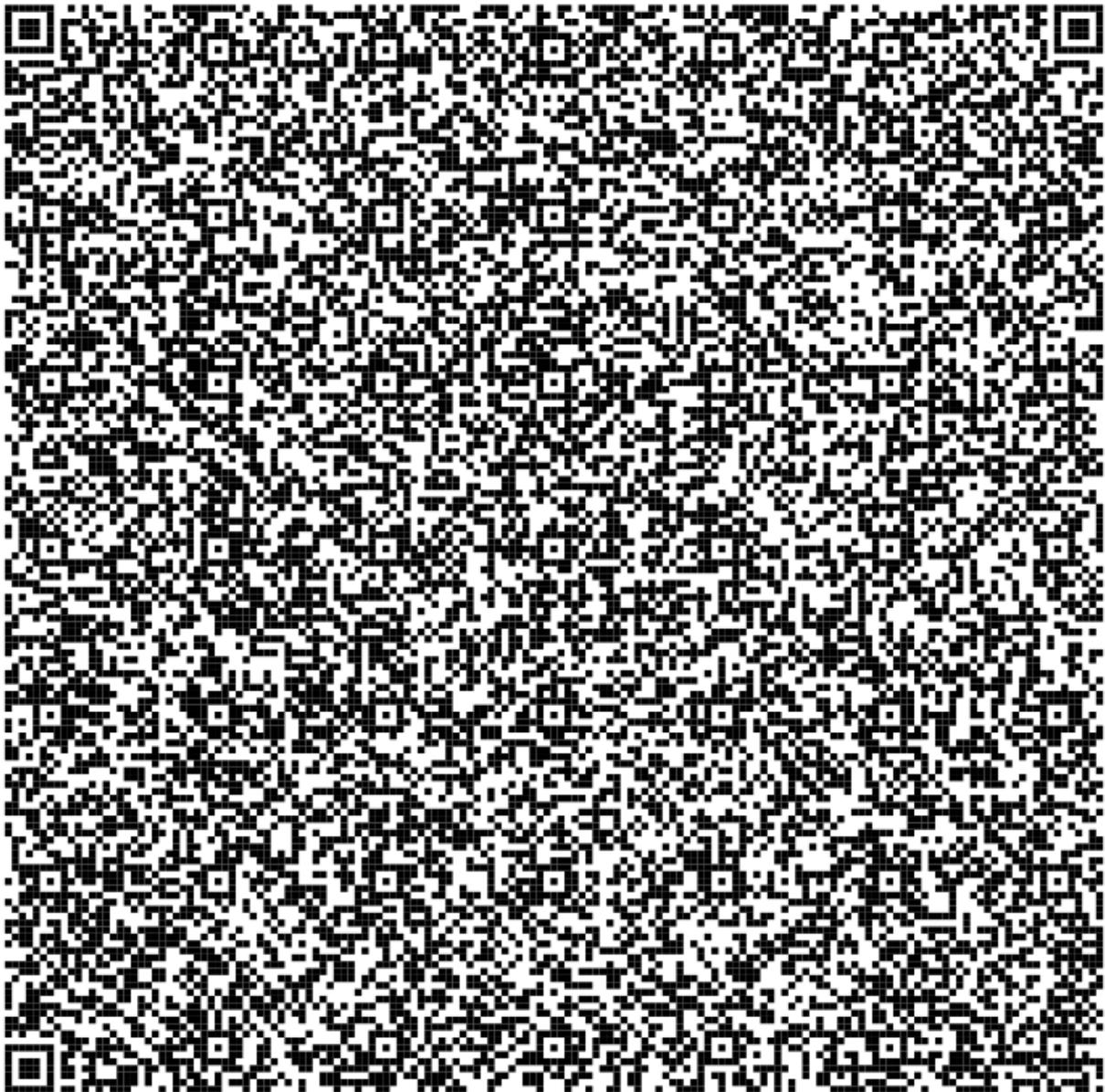


Figure 25 QR Code embedding an example of YAML file, describing an exam result

The data was recovered in 100% of cases. We tested the QR code on 6 smartphones, 5 retrieved it via the native application, 1 via a free third party application.

We created a smaller QR Code with an URL link to the JSON schema (Figure 26).



Figure 26 QR code integrating the URL with the JSON scheme

4 Discussion & conclusion

4.1 Comparison

For our study, we started from a review of the literature to extract significant parameters concerning the VUR in children in cystosonography. This literature-based methodology is replicable and very sound. Nevertheless, we had to refine these parameters by seeking expert advice to get closer to current practice.

Unfortunately, we did not find any cystosonography report template during our bibliographic research.

Some studies showed that a graphical representation not only helps the patient's understanding but also facilitates the transmission of information by the doctor [106,107].

Regarding data transfer, we found one study on the use of QR code but it was done with a stream of successive QR codes in video and not in paper format [108]. There is also the project "Electronic prescription of medicines in 2D", currently being deployed, which aims to develop certified digital prescriptions transmitted by QR code [109]. The QR code has seen considerable growth since the recent COVID pandemic, with the appearance of the health pass and the use of QR codes in shop.

4.2 Limits

There is no specific VUR classification for the ceVUS. However, various studies show that the classification used in VCUG is suitable for the study of VUR in ceVUS [42,43], so the schemes seems suitable for cystosonography.

Our report was submitted to a radiologist, a general practitioner, and a pediatric urologist. Although this method may lead to a selection bias due to personal practices, it allowed us to quickly set up a proposal of standardized items in accordance with the literature. This method is intended to be evolutionary and adaptive according to feedback from users.

One of the limitations could be the security in the transmission of the information by a QR code. In theory, a QR code cannot be falsified, since any modification of the data that make it up leads to a change in its visual presentation. 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 [103].

As it is still in the proof-of-concept phase, it has yet to be evaluated in clinical situations and cannot be submitted to patients.

4.3 Perspectives

In daily practice, it is not uncommon for the doctor to make free hand diagrams to facilitate the understanding of an examination report or a medical treatment. However, the production of this tool remains time-consuming, non-standardized and difficult to evaluate.

Our method might allow to automatically generate a scheme with a standardized report according to variables. A team of developers is working to implement this tool. Once created, we intend to test the acceptance and usage of such a tool, and evaluate the feedbacks from users and patients.

The QR code fits perfectly into the secure transmission of medical information and the computerization of medicine. Moreover, it can be easily integrated into medical software.

The objective of this project is to create a form which, once filled in by the radiologist, will automatically produce a printable file containing the structured report of the cystosonography, the summary diagram, a QR code containing the data of the examination as well as another QR code containing JSON allowing to exploit these data.

The anticipated workflow is described in Figure 27

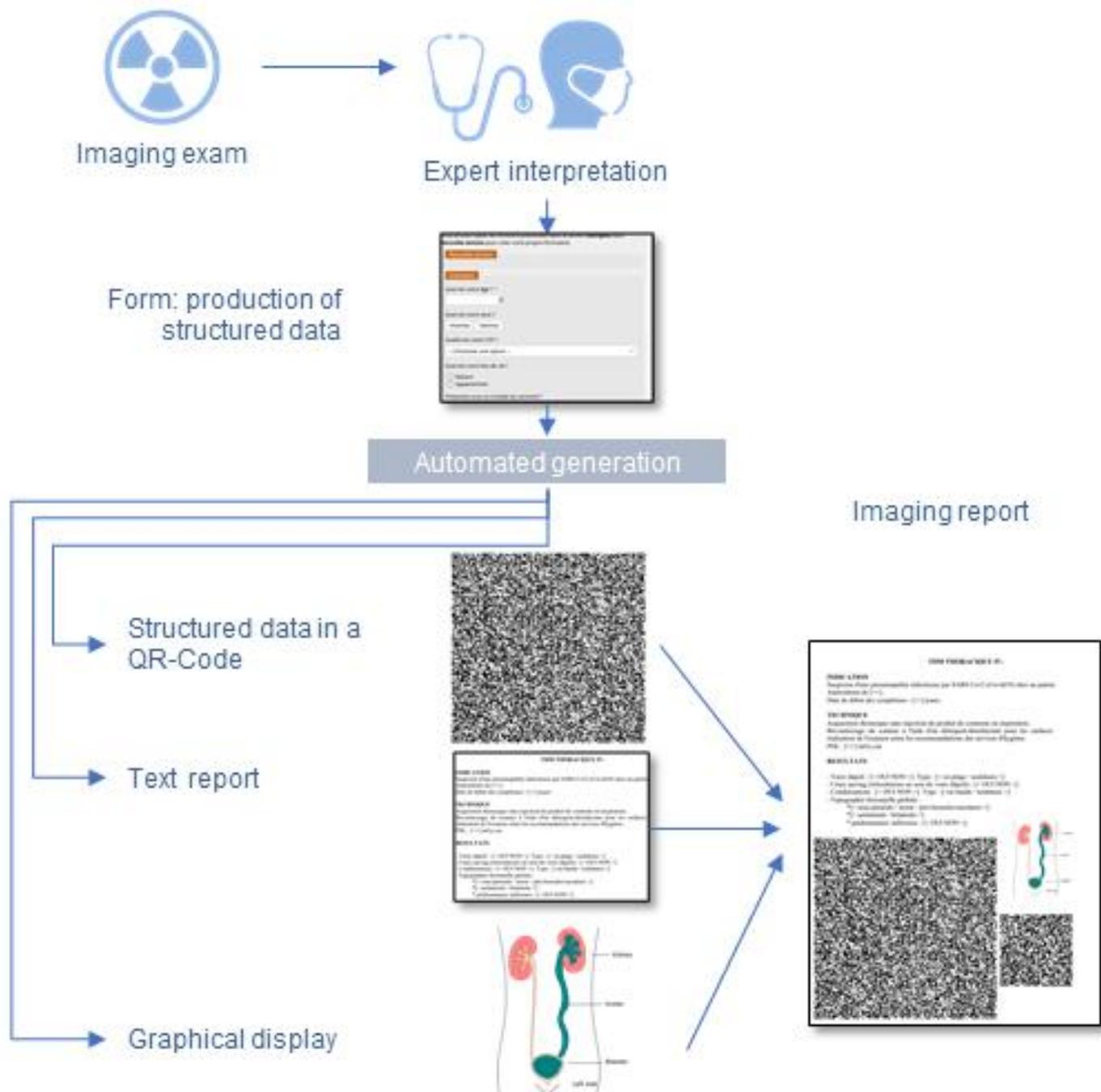


Figure 27 Example of possible use of clinical form

Discussion en Français

1 Comparaison à la littérature

Pour notre étude, nous sommes partis d'une revue de la littérature pour extraire les paramètres significatifs concernant le VUR chez l'enfant en cystosonographie. Cette méthodologie basée sur la littérature est reproductible et fiable. Néanmoins, nous avons dû affiner ces paramètres en demandant l'avis d'experts pour nous rapprocher de la pratique actuelle.

Malheureusement, nous n'avons pas trouvé de modèle de compte-rendu de cystosonographie au cours de nos recherches bibliographiques.

Certaines études montrent qu'une représentation graphique aide non seulement à la compréhension du patient mais facilite également la transmission des informations par le médecin [106,107].

Concernant le transfert de données, nous avons trouvé une étude sur l'utilisation du QR code mais elle a été réalisée avec un flux de QR codes successifs en vidéo et non en format papier [108]. Il existe également le projet " Prescription électronique de médicaments en 2D ", actuellement en cours de déploiement, qui vise à développer des prescriptions numériques certifiées transmises par QR code [109]. Le QR code a connu un essor considérable depuis la crise sanitaire, avec l'apparition du passeport santé et l'utilisation des QR codes en magasin.

2 Forces et limites de l'étude

Il n'existe pas de classification spécifique des RVU diagnostiqués par cystosonographie. Cependant, différentes études montrent que la classification utilisée dans la cystographie rétrograde est adaptée à l'étude des RVU par la cystosonographie [42,43], les schémas sont donc adaptés à la cystosonographie.

Notre rapport a été soumis à un radiologue, un chirurgien infantile spécialisé en urologie pédiatrique, et un médecin généraliste.

Bien que cette méthode puisse entraîner un biais de sélection dû aux pratiques personnelles, elle nous a permis de mettre en place rapidement une proposition d'items standardisés en accord avec la littérature. Cette méthode se veut évolutive et adaptative en fonction des retours des utilisateurs.

Une des limites pourrait être la sécurité dans la transmission des informations par un QR code. En théorie, un code QR ne peut être falsifié, puisque toute modification des données qui le composent entraîne un changement de sa présentation visuelle. De plus, l'utilisation d'un code QR unique pour la transmission d'informations impose une limite au nombre de caractères numériques ou alphanumériques qui le composent.

Ce projet étant encore au stade de la validation du concept, il n'a pas encore été évalué en situation clinique et ne peut être soumis aux patients.

3 Perspectives

Dans la pratique quotidienne, il n'est pas rare que le médecin réalise des schémas pour faciliter la compréhension d'un rapport d'examen ou d'un traitement médical. Cependant, la production de ce schéma reste chronophage, non standardisée et difficile à évaluer.

Notre méthode permettra de générer automatiquement un schéma avec un rapport standardisé en fonction de variables. Une équipe de développeurs travaille à la mise en place de cet outil. Une fois créé, cet outil sera présenté aux patients pour évaluation.

Le QR code s'inscrit parfaitement dans le cadre de la transmission sécurisée des informations médicales et de l'informatisation de la médecine. De plus, il peut être facilement intégré dans les logiciels médicaux.

L'objectif est de créer un formulaire qui, une fois rempli par le radiologue, produira automatiquement un fichier imprimable contenant le rapport structuré de la cystosonographie, le schéma récapitulatif, un QR code contenant les données de l'examen ainsi qu'un autre QR code contenant du JSON permettant d'exploiter ces données.

Un exemple de formulaire est présenté dans la Figure 28.

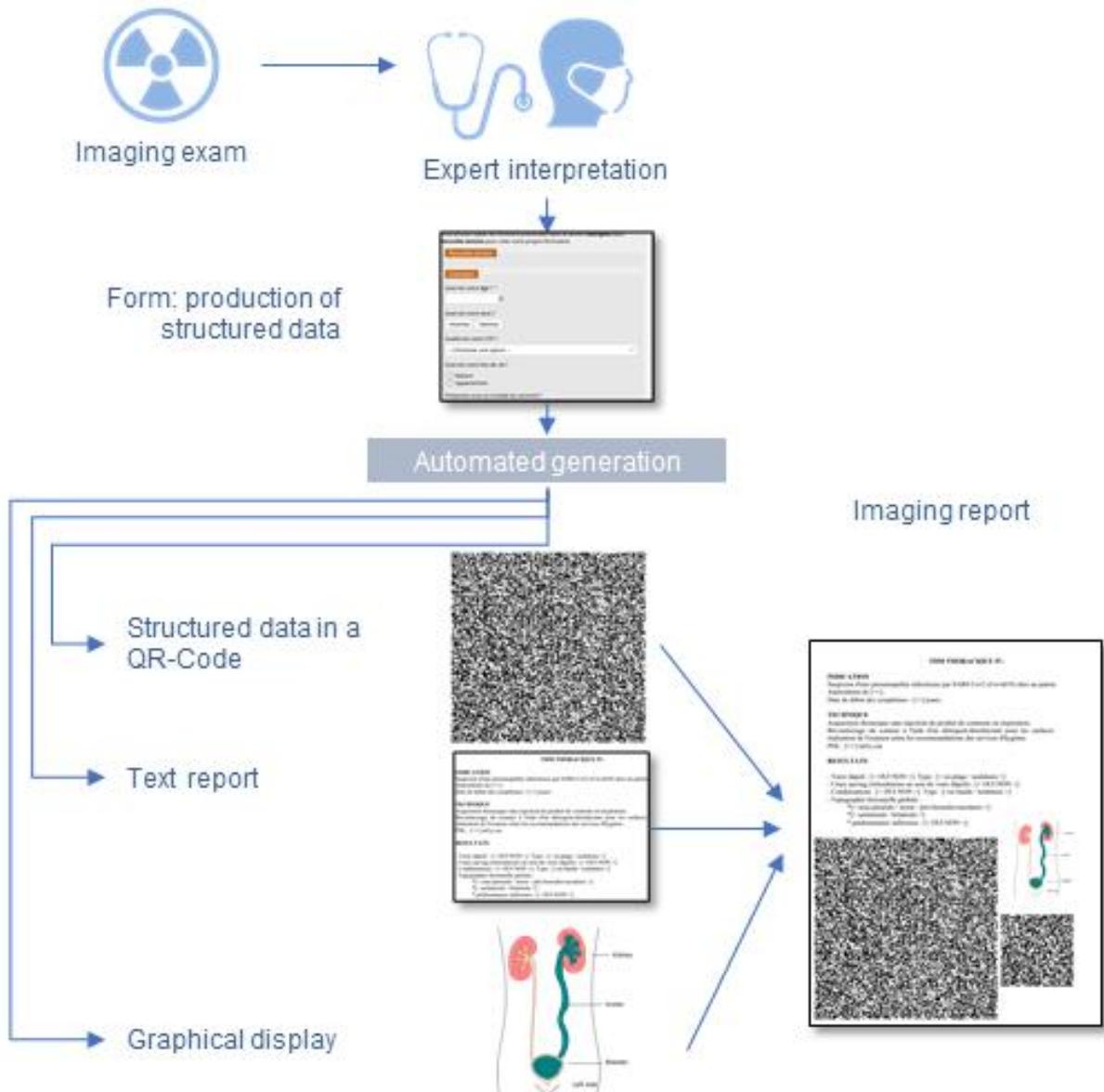


Figure 28 exemple d'utilisation du formulaire

Liste des tables

Table 1 Critère d'infection du haut appareil urinaire chez l'enfant d'après [22]	15
Table 2 : Phase de remplissage et identification d'un RVU en cystographie isotopique (d'après [36])	18
Table 3 Tableau comparatif des doses de radiations en France [38].....	19
Table 4 : Définition des différents grades de reflux selon la gradation internationale	20
Table 5 : Definition of keywords	35
Table 6 Frequently reported outcomes, in clinical studies	38
Table 7 Detailed description of the selected fields.....	42
Table 8 Correspondence between anatomical variation and representation	50

Liste des figures

Figure 1 : anatomie général du système urinaire (D'après [1])	8
Figure 2 : anatomie du rein (D'après [1])	9
Figure 3 : Parenchyme rénal (D'après [1]).....	10
Figure 4 : Corpuscule rénal (D'après [1]).....	10
Figure 5 : le tubule rénal (D'après [1])	11
Figure 6 : Les voies urinaires excrétrices (D'après [1])	12
Figure 7 Stratégie d'examens complémentaires après un premier épisode d'infection urinaire fébrile d'après [25].	16
Figure 8 : Cystographie montrant différents RVU (D'après [21]).....	17
Figure 9 : Schémas anatomique représentant les différents grades de RVU (d'après [41]).....	20
Figure 10 : a. intervention de Cohen, mobilisation de l'uretère par voie intravésicale. b. Orifice urétéral à l'extrémité du tunnel sous-muqueux d'après [47].....	22
Figure 11 : Injection endoscopique sous-urétérale d'après [47].....	22
Figure 12 recommandation procédurale sur la cystosonographie mictionnelle 2008 (d'après [75]).....	26
Figure 13 : Pubmed query	35
Figure 14 UML diagram.....	43
Figure 15 JSON schema (first lines).....	44
Figure 16 Example of YAML file	45
Figure 17 Example of textual report.....	46
Figure 18 : Example of normal exam (baseline representation)	47
Figure 19 : RUV grade 1	47
Figure 20 : VUR grade 2	48
Figure 21 : VUR grade 3	48
Figure 22 : VUR grade 4	49
Figure 23 : VUR grade 5	49
Figure 24 Exploded view	50
Figure 25 QR Code embedding an example of YAML file, describing an exam result	51
Figure 26 QR code integrating the URL with the JSON scheme.....	52
Figure 27 Example of possible use of clinical form	54
Figure 28 exemple d'utilisation du formulaire	57

Références

- [1] Naassila M. Appareil urinaire.pdf n.d. https://listes.u-picardie.fr/www/d_read/physiologie/Catherine%20Vilpoux/Appareil%20urinaire.pdf (accessed March 3, 2020).
- [2] Kohler DC. L'appareil urinaire 2011. <http://campus.cerimes.fr/site/html/cours> (accessed March 3, 2020).
- [3] Henry N, Sèbe P. Anatomie des reins et de la voie excrétrice supérieure. EM-Consulte 2008.
- [4] Mohammed US, Abdellah B. UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE FES. 2010.
- [5] Yiou PR. Pr René Yiou CHU Henri Mondor, UPEC n.d. <https://urologie-fonctionnelle.com/cours-d-anatomie/98-cours-de-paes.html> (accessed March 3, 2020).
- [6] André JM, Catala M, Katsanis G, Poirier J. FMPMC-PS - Histologie : organes, systèmes et appareils - Niveau PCEM2 - DCEM1 n.d. <http://www.chups.jussieu.fr/polys/histo/histoP2/POLY.Chp.8.2.2.html> (accessed March 10, 2020).
- [7] Ismaili K, Hall M, Piepsz A, Wissing KM, Collier F, Schulman C, et al. Primary vesicoureteral reflux detected in neonates with a history of fetal renal pelvis dilatation: a prospective clinical and imaging study. *J Pediatr* 2006;148:222–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.09.037>.
- [8] Farhat W, McLorie G, Geary D, Capolicchio G, Bägli D, Merguerian P, et al. The natural history of neonatal vesicoureteral reflux associated with antenatal hydronephrosis. *J Urol* 2000;164:1057–60. <https://doi.org/10.1097/00005392-200009020-00033>.
- [9] Stefanidis CJ, Siomou E. Imaging strategies for vesicoureteral reflux diagnosis. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2007;22:937–47. <https://doi.org/10.1007/s00467-006-0396-8>.
- [10] Abou-Karam M, Mollica C, Racine D. Antibioprophylaxie chez l'enfant avec un reflux vésico-urétéral : étude RIVUR. *Pharmactuel* 2015;48.
- [11] Elder JS, Peters CA, Arant BS, Ewalt DH, Hawtrey CE, Hurwitz RS, et al. Pediatric Vesicoureteral Reflux Guidelines Panel summary report on the management of primary vesicoureteral reflux in children. *J Urol* 1997;157:1846–51.
- [12] Kuzmanovska D, Risteski A, Kambovska M, Trpcevski T, Sahpazova E, Petrovski M. Voiding Urosonography with Second-Generation Ultrasound Contrast Agent for Diagnosis of Vesicoureteric Reflux: First Local Pilot Study. *Open Access Maced J Med Sci* 2017;5:215–21. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2017.055>.
- [13] Teixeira CBB, Cançado MA de P, Carvalhaes JT de A. [Primary vesicoureteral reflux: conservative therapy or surgical intervention]. *J Bras Nefrol Orgao Of Soc Bras E Lat-Am Nefrol* 2014;36:10–7. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20140004>.

- [14] Sargent MA. What is the normal prevalence of vesicoureteral reflux? *Pediatr Radiol* 2000;30:587–93. <https://doi.org/10.1007/s002470000263>.
- [15] Jakobsson B, Esbjörner E, Hansson S. Minimum incidence and diagnostic rate of first urinary tract infection. *Pediatrics* 1999;104:222–6. <https://doi.org/10.1542/peds.104.2.222>.
- [16] Alsubaie SS, Barry MA. Current status of long-term antibiotic prophylaxis for urinary tract infections in children: An antibiotic stewardship challenge. *Kidney Res Clin Pract* 2019;38:441–54. <https://doi.org/10.23876/j.krcp.19.091>.
- [17] Darge K. Diagnosis of vesicoureteral reflux with ultrasonography. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2002;17:52–60. <https://doi.org/10.1007/s004670200010>.
- [18] Chang SL, Shortliffe LD. Pediatric urinary tract infections. *Pediatr Clin North Am* 2006;53:379–400, vi. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2006.02.011>.
- [19] Hellström A, Hanson E, Hansson S, Hjälmsås K, Jodal U. Association between urinary symptoms at 7 years old and previous urinary tract infection. *Arch Dis Child* 1991;66:232–4. <https://doi.org/10.1136/adc.66.2.232>.
- [20] Wald ER. Vesicoureteral reflux: the role of antibiotic prophylaxis. *Pediatrics* 2006;117:919–22. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2139>.
- [21] Gonzales E. Thèse - Reflux vésico-urétéral et dimensions des cicatrices rénales 2002. http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2002/GonzalezE/these_body.html (accessed March 6, 2020).
- [22] Professionals S-O. EAU Guidelines: Urological Infections. Uroweb n.d. <https://uroweb.org/guideline/urological-infections/?type=archive> (accessed April 17, 2020).
- [23] Demède D, Cheikhelard A, Hoch M, Mouriquand P. [Evidence-based medicine and vesicoureteral reflux]. *Ann Urol* 2006;40:161–74. <https://doi.org/10.1016/j.anuro.2006.02.005>.
- [24] Radmayr C, Bogaert G, Dogan HS, Nijman JM, Silay MS, Tekgül S. EAU Guidelines on Paediatric Urology, Amsterdam: 2020.
- [25] 't Hoen LA, Bogaert G, Radmayr C, Dogan HS, Nijman RJM, Quaedackers J, et al. Update of the EAU/ESPU guidelines on urinary tract infections in children. *J Pediatr Urol* 2021;17:200–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2021.01.037>.
- [26] Peters Craig A., Skoog Steven J., Arant Billy S., Copp Hillary L., Elder Jack S., Hudson R. Guy, et al. Summary of the AUA Guideline on Management of Primary Vesicoureteral Reflux in Children. *J Urol* 2010;184:1134–44. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2010.05.065>.
- [27] Perisinakis K, Raissaki M, Damilakis J, Stratakis J, Neratzoulakis J, Gourtsoyiannis N. Fluoroscopy-controlled voiding cystourethrography in infants and children: are the radiation risks trivial? *Eur Radiol* 2006;16:846–51. <https://doi.org/10.1007/s00330-005-0072-6>.
- [28] Fettich J, Colarinha P, Fischer S, Frökier J, Gordon I, Hahn K, et al. Guidelines for direct radionuclide cystography in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003;30:B39–44. <https://doi.org/10.1007/s00259-003-1137-x>.

- [29] Jose TE, Mohiudheen H, Patel C, Kumar R, Chandrashekar B, Malhothra A. Direct radionuclide cystography by supra-pubic puncture: comparison with conventional voiding cystourethrography. *Nucl Med Commun* 2004;25:383–5. <https://doi.org/10.1097/00006231-200404000-00011>.
- [30] Sükan A, Bayazit AK, Kibar M, Noyan A, Soyupak S, Yapar Z, et al. Comparison of direct radionuclide cystography and voiding direct cystography in the detection of vesicoureteral reflux. *Ann Nucl Med* 2003;17:549–53. <https://doi.org/10.1007/bf03006667>.
- [31] Piscitelli A, Galiano R, Serrao F, Concolino D, Vitale R, D'Ambrosio G, et al. Which cystography in the diagnosis and grading of vesicoureteral reflux? *Pediatr Nephrol* 2008;23:107–10. <https://doi.org/10.1007/s00467-007-0651-7>.
- [32] Silay MS, Spinoit A-F, Bogaert G, Hoebeke P, Nijman R, Haid B. Imaging for Vesicoureteral Reflux and Ureteropelvic Junction Obstruction. *Eur Urol Focus* 2016;2:130–8. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2016.03.015>.
- [33] Dr. Jean-François Lapray - Cystographie Isotopique n.d. <http://www.lapray-radiologie.fr/Cystographie-Isotopique-93> (accessed March 12, 2020).
- [34] P. Olivier ; Société Française de Biophysique et Médecine Nucléaire (SFBMN). La Cystographie Indirecte 2005. https://www.sfmn.org/drive/SFMN/GUIDES%20DE%20PROCEDURES/GuidesEtRecommandation_PublicWeb/LaCystographieIndirecte_V1.0.pdf (accessed January 10, 2020).
- [35] Rothwell DL, Constable AR, Albrecht M. Radionuclide cystography in the investigation of vesicoureteric reflux in children. *Lancet Lond Engl* 1977;1:1072–5. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(77\)92333-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(77)92333-9).
- [36] Salaün P. Médecine nucléaire CHU Brest n.d. https://medecine-nucleaire-brest.tuxfamily.org/pa_ur_imgcy.html (accessed March 13, 2020).
- [37] Soricelli A. International Atomic Energy Agency: Nuclear medicine resources manual. 2006. IAEA, Vienna, 532 pp., 55 illustrations. €65.00. ISBN 92-0-107504-9. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007;34:794–5. <https://doi.org/10.1007/s00259-006-0282-4>.
- [38] IRSN. Doses délivrées aux patients en scanographie et en radiologie conventionnelle - Résultats d'une enquête multicentrique en secteur public. 2010.
- [39] Beyer HJ, Hofmann V, Brettschneider D. [The micturition sonourogram: a new possibility for determining vesicorenal reflux in children]. *Ultraschall Med Stuttg Ger* 1980 1985;6:182–8. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1006053>.
- [40] Darge K. Voiding urosonography with ultrasound contrast agents for the diagnosis of vesicoureteric reflux in children. *Pediatr Radiol* 2008;38:40–53. <https://doi.org/10.1007/s00247-007-0529-7>.
- [41] Merrot T. Reflux vésico-urétéro-rénal n.d. www.college-chirped.fr/College_National_Hospitalier_et_Universitaire_de_Chirurgie_Pediatrique/Cours_Themes___Uro-Viscerale_files/Reflux%20Ve%CC%81sico-Ure%CC%81te%CC%81ral%20-%20Merrot%20-%202012-09-2016.pdf (accessed March 18, 2020).

- [42] Darge K, Troeger J. Vesicoureteral reflux grading in contrast-enhanced voiding urosonography. *Eur J Radiol* 2002;43:122–8. [https://doi.org/10.1016/s0720-048x\(02\)00114-6](https://doi.org/10.1016/s0720-048x(02)00114-6).
- [43] Faizah MZ, Hamzaini AH, Kanaheswari Y, Dayang A AA, Zulfiqar MA. Contrast enhanced Voiding Urosonography (ce-VUS) as a radiation-free technique in the diagnosis of vesicoureteric reflux: Our early experience. *Med J Malaysia* 2015;70:269–72.
- [44] Shimada K, Taguchi K, Koike H, Hosokawa S, Arima M, Mori Y, et al. [Spontaneous resolution of reflux in children with primary VUR]. *Nihon Hinyokika Gakkai Zasshi Jpn J Urol* 1990;81:982–7. <https://doi.org/10.5980/jpnjurol1989.81.982>.
- [45] Noe HN. The long-term results of prospective sibling reflux screening. *J Urol* 1992;148:1739–42. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)37017-9](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)37017-9).
- [46] Oh MM, Cheon J, Kang SH, Park HS, Lee JG, Moon DG. Predictive Factors for Acute Renal Cortical Scintigraphic Lesion and Ultimate Scar Formation in Children With First Febrile Urinary Tract Infection. *J Urol* 2010;183:1146–50. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2009.11.051>.
- [47] Capozza N, Caione P. Vesicoureteral reflux: surgical and endoscopic treatment. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2007;22:1261–5. <https://doi.org/10.1007/s00467-006-0415-9>.
- [48] Khawaja MA, Nawaz G, Jamil MI, Muhammad S, ur Rehman A, Shohab D, et al. EFFICACY OF ENDOSCOPIC TREATMENT FOR PRIMARY VESICoureTERIC REFLUX IN CHILDREN. *J Ayub Med Coll Abbottabad JAMC* 2015;27:861–4.
- [49] Riccabona M, Lobo ML, Augdal TA, Avni F, Blickman J, Bruno C, et al. European Society of Paediatric Radiology Abdominal Imaging Task Force recommendations in paediatric urology, part X: how to perform paediatric gastrointestinal ultrasonography, use gadolinium as a contrast agent in children, follow up paediatric testicular microlithiasis, and an update on paediatric contrast-enhanced ultrasound. *Pediatr Radiol* 2018;48:1528–36. <https://doi.org/10.1007/s00247-018-4147-3>.
- [50] Kenda RB. Imaging techniques for the detection of vesicoureteric reflux: what and when? *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc* 2001;16:4–7. <https://doi.org/10.1093/ndt/16.1.4>.
- [51] Ascenti G, Zimbaro G, Mazziotti S, Chimenz R, Fede C, Visalli C, et al. Harmonic US imaging of vesicoureteric reflux in children: usefulness of a second generation US contrast agent. *Pediatr Radiol* 2004;34:481–7. <https://doi.org/10.1007/s00247-004-1190-z>.
- [52] Papadopoulou F, Anthopoulou A, Siomou E, Efremidis S, Tsamboulas C, Darge K. Harmonic voiding urosonography with a second-generation contrast agent for the diagnosis of vesicoureteral reflux. *Pediatr Radiol* 2009;39:239–44. <https://doi.org/10.1007/s00247-008-1080-x>.
- [53] Darge K, Zieger B, Rohrschneider W, Ghods S, Wunsch R, Troeger J. Contrast-enhanced harmonic imaging for the diagnosis of vesicoureteral reflux in pediatric

- patients. *AJR Am J Roentgenol* 2001;177:1411–5.
<https://doi.org/10.2214/ajr.177.6.1771411>.
- [54] Bartram U, Darge K. Harmonic versus conventional ultrasound imaging of the urinary tract in children. *Pediatr Radiol* 2005;35:655–60.
<https://doi.org/10.1007/s00247-005-1415-9>.
- [55] Riccabona M, Avni FE, Damasio MB, Ording-Müller L-S, Blickman JG, Darge K, et al. ESPR Uroradiology Task Force and ESUR Paediatric Working Group-- Imaging recommendations in paediatric uroradiology, part V: childhood cystic kidney disease, childhood renal transplantation and contrast-enhanced ultrasonography in children. *Pediatr Radiol* 2012;42:1275–83.
<https://doi.org/10.1007/s00247-012-2436-9>.
- [56] Ntoulia A, Anupindi SA, Darge K, Back SJ. Applications of contrast-enhanced ultrasound in the pediatric abdomen. *Abdom Radiol N Y* 2018;43:948–59.
<https://doi.org/10.1007/s00261-017-1315-0>.
- [57] Darge K. Voiding urosonography with US contrast agents for the diagnosis of vesicoureteric reflux in children. *Pediatr Radiol* 2008;38:54–63.
<https://doi.org/10.1007/s00247-007-0528-8>.
- [58] Chua ME, Mendoza JS, Ming JM, Dy JS, Gomez O. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced voiding urosonogram using second-generation contrast with harmonic imaging (CEVUS-HI) study for assessment of vesicoureteral reflux in children: a meta-analysis. *World J Urol* 2019;37:2245–55.
<https://doi.org/10.1007/s00345-018-2587-x>.
- [59] Atala A, Wible JH, Share JC, Carr MC, Retik AB, Mandell J. Sonography with sonicated albumin in the detection of vesicoureteral reflux. *J Urol* 1993;150:756–8.
[https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)35606-9](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)35606-9).
- [60] Bosio M. Cystosonography with echocontrast: a new imaging modality to detect vesicoureteric reflux in children. *Pediatr Radiol* 1998;28:250–5.
<https://doi.org/10.1007/s002470050343>.
- [61] Fallah MM, Falahati M, Mohammadi A, Alizadeh M, Mladkova-Suchy N, Ghasemi-Rad M. Comparative Study of Color Doppler Voiding Urosonography Without Contrast Enhancement and Direct Radionuclide Voiding Cystography for Diagnosis of Vesicoureteric Reflux in Children. *J Ultrasound Med* 2012;31:55–61.
<https://doi.org/10.7863/jum.2012.31.1.55>.
- [62] Ključevšek D, Battelino N, Tomažič M, Kersnik Levart T. A comparison of echo-enhanced voiding urosonography with X-ray voiding cystourethrography in the first year of life. *Acta Paediatr Oslo Nor* 1992 2012;101:e235-239.
<https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2011.02588.x>.
- [63] Kis É, Nyitrai A, Várkonyi I, Mátyus I, Cseprekál O, Reusz G, et al. Voiding urosonography with second-generation contrast agent versus voiding cystourethrography. *Pediatr Nephrol* 2010;25:2289–93.
<https://doi.org/10.1007/s00467-010-1618-7>.
- [64] Ntoulia A, Back SJ, Shellikeri S, Poznick L, Morgan T, Kerwood J, et al. Contrast-enhanced voiding urosonography (ceVUS) with the intravesical administration of the ultrasound contrast agent Optison™ for vesicoureteral reflux

- detection in children: a prospective clinical trial. *Pediatr Radiol* 2018;48:216–26. <https://doi.org/10.1007/s00247-017-4026-3>.
- [65] Kopitzko A, Cornely D, Reither K, Wolf K-J, Albrecht T. Low contrast dose voiding urosonography in children with phase inversion imaging. *Eur Radiol* 2004;14:2290–6. <https://doi.org/10.1007/s00330-004-2369-2>.
- [66] Fernández-Ibieta M, Parrondo-Muiños C, Fernández-Masaguer LC, Hernández-Anselmi E, Marijuán-Sauquillo V, Ramírez-Piqueras M, et al. Voiding urosonography with second-generation contrast as a main tool for examining the upper and lower urinary tract in children. Pilot Study. *Actas Urol Esp* 2016;40:183–9. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2015.11.003>.
- [67] Wong LS, Tse KS, Fan TW, Kwok KY, Tsang TK, Fung HS, et al. Voiding urosonography with second-generation ultrasound contrast versus micturating cystourethrography in the diagnosis of vesicoureteric reflux. *Eur J Pediatr* 2014;173:1095–101. <https://doi.org/10.1007/s00431-014-2297-3>.
- [68] Faizah M, Kanaheswari Y, Thambidorai C, Zulfiqar M. Echocontrast cystosonography versus micturating cystourethrography in the detection of vesicoureteric reflux. *Biomed Imaging Interv J* 2011;7. <https://doi.org/10.2349/bijj.7.1.e7>.
- [69] Papadopoulou F, Ntoulia A, Siomou E, Darge K. Contrast-enhanced voiding urosonography with intravesical administration of a second-generation ultrasound contrast agent for diagnosis of vesicoureteral reflux: prospective evaluation of contrast safety in 1,010 children. *Pediatr Radiol* 2014;44:719–28. <https://doi.org/10.1007/s00247-013-2832-9>.
- [70] Berrocal T, Gayá F, Arjonilla A, Lonergan GJ. Vesicoureteral reflux: diagnosis and grading with echo-enhanced cystosonography versus voiding cystourethrography. *Radiology* 2001;221:359–65. <https://doi.org/10.1148/radiol.2212001807>.
- [71] Mentzel H-J, Vogt S, John U, Kaiser WA. Voiding urosonography with ultrasonography contrast medium in children. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2002;17:272–6. <https://doi.org/10.1007/s00467-002-0843-0>.
- [72] Duran C, Valera A, Alguersuari A, Ballesteros E, Riera L, Martin C, et al. Voiding urosonography: the study of the urethra is no longer a limitation of the technique. *Pediatr Radiol* 2009;39:124–31. <https://doi.org/10.1007/s00247-008-1050-3>.
- [73] Maté A. Contrast ultrasound of the urethra in children. - PubMed - NCBI 2003. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Mate+A%2C+Bargiela+A%2C+Mosteiro+S+et+al+\(2003\)+Contrast+ultrasound+of+the+urethra+in+children.+Eur+Radiol+13%3A1534%E2%80%931537](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Mate+A%2C+Bargiela+A%2C+Mosteiro+S+et+al+(2003)+Contrast+ultrasound+of+the+urethra+in+children.+Eur+Radiol+13%3A1534%E2%80%931537) (accessed April 2, 2020).
- [74] Kenda RB, Novljan G, Kenig A, Hojker S, Fettich JJ. Echo-enhanced ultrasound voiding cystography in children: a new approach. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2000;14:297–300. <https://doi.org/10.1007/s004670050762>.
- [75] Riccabona M, Vivier P-H, Ntoulia A, Darge K, Avni F, Papadopoulou F, et al. ESPR uro-radiology task force imaging recommendations in paediatric uro-radiology, part VII: standardised terminology, impact of existing recommendations, and update on contrast-enhanced ultrasound of the paediatric

urogenital tract. *Pediatr Radiol* 2014;44:1478–84. <https://doi.org/10.1007/s00247-014-3135-5>.

- [76] Thouvenin D, HAS. recommandations - delivrance de l'information à la personne sur son etat de sante 2012. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-06/recommandations_-_delivrance_de_linformation_a_la_personne_sur_son_etat_de_sante.pdf (accessed July 3, 2020).
- [77] Code de la santé publique - Article L1111-2 n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000041721051/ (accessed July 3, 2020).
- [78] Code de la santé publique - Article R4127-35 n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006912897/2007-10-28 (accessed July 3, 2020).
- [79] Code de la santé publique - Article L5134-1 n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000031927644/ (accessed July 3, 2020).
- [80] Code de la santé publique - Article L2212-7 n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000031930097/ (accessed July 3, 2020).
- [81] Code de la santé publique - Article L1111-5 n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000031927576 (accessed July 3, 2020).
- [82] Code civil - Article 373-2 n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000038311150 (accessed July 3, 2020).
- [83] Décret n° 2016-994 du 20 juillet 2016 relatif aux conditions d'échange et de partage d'informations entre professionnels de santé et autres professionnels des champs social et médico-social et à l'accès aux informations de santé à caractère personnel 2016. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000032922455/> (accessed September 11, 2020).
- [84] Code de la santé publique - Article L1110-4 n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043895798/ (accessed September 11, 2020).
- [85] Le code de déontologie. Cons Natl Ordre Médecins n.d. <https://www.conseil-national.medecin.fr/code-deontologie> (accessed September 3, 2021).
- [86] CNOM. Echange et partage de l'information médicale, 2017.
- [87] 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).
- [88] HAS S. Indicateurs du thème "compte-rendu radiologique.," 2014.
- [89] Arrêté du 22 septembre 2006 relatif aux informations dosimétriques devant figurer dans un compte rendu d'acte utilisant les rayonnements ionisants - Légifrance n.d. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT00000608231/> (accessed October 2, 2020).

- [90] Wynia MK, Osborn CY. Health literacy and communication quality in health care organizations. *J Health Commun* 2010;15 Suppl 2:102–15. <https://doi.org/10.1080/10810730.2010.499981>.
- [91] Hubert G, Galinski M, Ruscev M, Lapostolle F, Adnet F. [General practitioners' perceptions of medical information from hospitals]. *Presse Medicale Paris Fr* 1983 2009;38:1404–9. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2009.03.013>.
- [92] McNair AGK, Brookes ST, Davis CR, Argyropoulos M, Blazeby JM. Communicating the results of randomized clinical trials: do patients understand multidimensional patient-reported outcomes? *J Clin Oncol Off J Am Soc Clin Oncol* 2010;28:738–43. <https://doi.org/10.1200/JCO.2009.23.9111>.
- [93] Katz AL, Webb SA, COMMITTEE ON BIOETHICS. Informed Consent in Decision-Making in Pediatric Practice. *Pediatrics* 2016;138. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1485>.
- [94] Michaud P-A, Berg-Kelly K, Macfarlane A, Benaroyo L. Ethics and adolescent care: an international perspective. *Curr Opin Pediatr* 2010;22:418–22. <https://doi.org/10.1097/MOP.0b013e32833b53ec>.
- [95] 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>.
- [96] Lehne M, Sass J, Essenwanger A, Schepers J, Thun S. Why digital medicine depends on interoperability. *NPJ Digit Med* 2019;2:79. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0158-1>.
- [97] Lauriot Dit Prevost A, Trencart M, Gaillard V, Bouzille G, Besson R, Sharma D, et al. ICIPEMIR: Improving the Completeness, Interoperability and Patient Explanations of Medical Imaging Reports. *Stud Health Technol Inform* 2021;281:422–6. <https://doi.org/10.3233/SHTI210193>.
- [98] OMG OMG. Unified Modelling Language (UML). 2017.
- [99] Wright A, Andrews H, Hutton B. JSON Schema. 2019.
- [100] Ben Kiki O, Evans C, Net I döt. YAML Ain't Markup Language (YAML). 2009.
- [101] Martignene N, Lamer A. Goupile. Goupile 2020. <https://goupile.fr> (accessed October 6, 2020).
- [102] Lincoln Loop, Contributors. python-qrcode. 2019.
- [103] 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.
- [104] Des indicateurs pour mesurer la qualité en radiologie. Haute Aut Santé n.d. https://www.has-sante.fr/jcms/pprd_2974314/fr/des-indicateurs-pour-mesurer-la-qualite-en-radiologie (accessed January 15, 2021).
- [105] Professionals S-O. EAU Guidelines: Paediatric Urology. Uroweb n.d. <https://uroweb.org/guideline/paediatric-urology/> (accessed January 12, 2021).

- [106] 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>.
- [107] 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>.
- [108] 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>.
- [109] 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>.

Annexe 1

Schéma de base de données JSON en entier.

```
{
  "$schema": "https://json-schema.org/draft/2019-09/schema#",
  "title": "Cystosonography Report",
  "type": "object",
  "required": ["patient_first_name", "patient_first_name", "patient_birth",
"conclusion_validation"],
  "properties": {
    "identifiant": {
      "type": "string",
      "description": "Patient unique identifier",
      "minLen": 13,
      "maxLen": 13,
      "pattern": "^([0-9aAbB]{13})$"
    },
    "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 gender",
      "enum": ["female", "male"]
    },
    "physician": {
      "type": "string",
      "description": "Physician responsible for the interpretation of the imaging
results"
    },
    "institution": {
      "type": "string",
      "description": "Institution in which the exam is performed"
    },
    "exam_date_time": {
      "type": "string",
      "description": "Date and time of exam, format yyyy-mm-ddThh:mm:ss",
      "format": "date-time"
    },
    "exam_type": {
      "type": "string",
      "description": "Cystosonography",
      "enum": ["Cystosonography"]
    },
    "device_model": {
      "type": "string",
      "description": "Model of imaging device"
    },
    "device_date": {
      "type": "string",
      "description": "Date of device validation",
      "format": "date"
    },
    "exam_indication": {
      "type": "string",
      "description": "Exam indication",
      "enum": ["Initial evaluation", "pyelonephritis", "follow up examination",
"screening high-risk patient", "Other", "NA"]
    },
    "exam_previous": {
      "type": "string",
```

```

        "description": "Exam previous",
        "enum": ["ultrasound", "pre-natal ultrasound", "cystography", "other"]
    },
    "condition_contrast_route": {
        "type": "string",
        "description": "Site of contrast agent injection",
        "enum": ["suprubic", "uretral"],
        "default": "uretral"
    },
    "condition_fillings": {
        "type": "integer",
        "description": "Fillings number",
        "minimum": 1
    },
    "condition_urinalysis": {
        "type": "string",
        "description": "Urinalaysis",
        "enum": ["Urine test strip", "CBEU"]
    },
    "condition_exam_duration": {
        "type": "string",
        "description": "Exam duration",
        "format": "duration"
    },
    "condition_quality": {
        "type": "string",
        "description": "condition procedure examen",
        "enum": ["good", "medium", "NA"]
    },
    "antibiotic_prophylaxis": {
        "type": "string",
        "description": "Antibiotic",
        "enum": ["prophylaxis", "curatif", "No"]
    },
    "bladder_aspect": {
        "type": "string",
        "description": "Bladder aspect",
        "enum": ["Normal", "thickened", "diverticular", "trabeculation"],
        "default": "Normal"
    },
    "bladder_volume": {
        "type": "number",
        "description": "Bladder volume (ml)"
    },
    "post_void_residual_bladder_volume": {
        "type": "number",
        "description": "post void residual Bladder Volume (ml)"
    },
    "urethra": {
        "type": "string",
        "description": "Urethra aspect",
        "enum": ["normal", "pathological", "NA"]
    },
    "renal_transplant": {
        "type": "categorical",
        "description": "Presence of a renal transplant resulting in an 'additionnal'
urinary tract to describe",
        "enum": ["No", "Right", "Left", "Unknown", "NA"],
        "default": "No"
    },
    "abnormal_urinary_tract": {
        "type": "string",
        "description": "Abnormal urinary tract, as described by the physician",
        "enum": ["Yes", "No"]
    },
    "intraperitoneal_effusion": {
        "type": "string",
        "description": "intraperitoneal effusion, as describe by the physician",
        "enum": ["Yes", "No", "NA"],
        "default": "No"
    },
    "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"
    }

```

```

    },
    "comment": {
      "type": "string",
      "description": "Free text for manually added results, or comment"
    },
  },
  "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": "categorical",
        "description": "Generated hash id for each successively described urinary
tract"
      },
      "lateralisation": {
        "type": "categorical",
        "description": "Lateralisation of the urinary tract to be described",
        "enum": ["Left", "Right", "Left upper pole", "Left lower pole", "Right
upper pole", "Right lower pole", "Left renal transplant", "Right renal transplant"]
      },
      "upper_tract_diversion": {
        "type": "categorical",
        "description": "Presence of a urinary diversion in the described urinary
tract",
        "enum": ["No", "JJ stent", "Ureteral catheter", "Pyelostomy", "NA"],
        "default": "No"
      },
      "pyelonephritis_sign": {
        "type": "categorical",
        "description": "Pyelonephritis sign",
        "enum": ["Yes", "No", "NA"]
      },
      "renal_contour_deformtity": {
        "type": "string",
        "description": "Kidney morphology, as evaluated by the physician",
        "enum": ["Normal", "Abnormal", "NA"]
      },
      "renal_parenchyma": {
        "type": "categorical",
        "description": "Renal parenchyma, as discribed by the physician",
        "enum": ["normal", "atrophy", "cortical cyst", "thickened", "NA"]
      },
      "renal_differentiation": {
        "type": "categorical",
        "description": "Differentiation of renal parenchyma",
        "enum": ["regular", "reduced", "missing"]
      },
      "renal_height": {
        "type": "number",
        "description": "Measured height of the kidney (mm)",
        "minimum": 0
      },
      "renal_diameter": {
        "type": "number",
        "description": "Measured diameter of the kidney (mm)",
        "minimum": 0
      },
      "renal_volume": {
        "type": "number",
        "description": "Renal volume, as measured by the physician (ml)",
        "minimum": 0
      },
      "previous_renal_height": {
        "type": "number",
        "description": "Kidney diameter measured previously (mm)",
        "minimum": 0
      },
      "pyelocalyceal_dilatation": {
        "type": "categorical",
        "description": "Presence of a pyelocaliceal dilatation, as described by
the physician",
        "enum": ["Yes", "No", "NA"]
      },
      "interlabial_pelvis_diameter": {
        "type": "number",
        "description": "Measured diameter of the interlabial pelvic (mm)",

```

```

        "minimum": 0
    },
    "extrasinusal_pelvis": {
        "type": "number",
        "description": "Measured diameter of the extrasinusal pelvic (mm)",
        "minimum": 0
    },
    "pelvic_junction": {
        "type": "string",
        "description": "presence of a pelvic junction",
        "enum": ["Yes", "No", "NA"]
    },
    "vesico_ureteral_reflux": {
        "type": "string",
        "description": "Vesico ureteral reflux, as evaluated and graduated by the
physician",
        "enum": ["grade 1", "grade 2", "grade 3", "grade 4", "grade 5", "No"]
    },
    "comment_on_urinary_tract": {
        "type": "string",
        "description": "Free text for manually added comment on urinary tract
result"
    }
},
"conclusion": {
    "type": "string",
    "description": "Text conclusion, automatically generated, and validated by the
imaging physician"
},
"conclusion_validation": {
    "type": "boolean",
    "description": "The physician must validate the automatically generated
conclusion, after manual modification if required",
    "default": false
}
}
}
}

```

Annexe 2

Formulaire du compte-rendu de la cystosonographie dans le cadre de la recherche d'un reflux vésico-urétéral chez l'enfant, produit à partir du site goupil.fr

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

```
5 page.output(html
6   <h1><u>Contrast-Enhanced Voiding urosonography Report</u>
7 )
8
9 // Patient information
10
11 page.section("Patient", () => {
12   page.text("identifiant", "Patient identifier")
13   page.text("patient_first_name", "First name")
14   page.text("patient_name", "Name")
15   page.date("patient_birth", "Date of birth")
16   page.enumRadio("patient_gender", "Gender",
17     ["Male", "Female"])
18 })
19
20 // Exam information
21
22
23 page.section("Exam", () => {
24   page.text("institution", "Institution"),
25   page.text("physician", "Physician responsible for interpretation"
26     ),
27   page.date("exam_date", "Date of the exam")
28   page.text("device_model", "Imaging device model"),
29   page.date("device_date", "Date of imaging device validation"),
30   page.text("exam_indication", "Indication"),
31   page.text("exam_previous", "Exam previous"),
32   page.output(html <u><b>Exam condition</b></u>)
33   page.enumDrop("condition_contrast_route", "Condition contrast
34     route",
35     [{"unilateral": "suprapubic", "NA": {value: "unilateral"}}])
```

On the right, the rendered form is titled "Contrast-Enhanced Voiding urosonography Report". It features two main sections:

- # Patient**: Contains fields for "Patient identifier *" (value: id3139489200), "First name *" (value: John), "Name *" (value: Doe), "Date of birth *" (value: 01 / 01 / 2020), and "Gender" (radio buttons for Male and Female).
- # Exam**: Contains a field for "Institution".

AUTEUR : BILLIAU :

Prénom : Adrien

Date de soutenance : 22/09/2021

Titre de la thèse : « Compte-rendu de la cystosonographie chez l'enfant présentant un reflux vésico-urétéral : standardisation et amélioration de la communication au patient et au médecin traitant. »

Thèse - Médecine - Lille « 2021 »

Cadre de classement : *Médecine*

DES + spécialité : *Médecine générale*

Mots-clés : reflux vésico-urétéral, pédiatrie, cystosonographie, compte-rendu d'examen, schématisation, standardisation, transmission de l'information

Résumé :

Contexte : L'information médicale conditionne la prise en charge du patient, aussi bien du côté du patient que du côté des professionnels de santé. Dans le cadre de la cystosonographie de l'enfant pour la recherche d'un reflux vésico-urétéral, nous avons cherché à faciliter la compréhension de l'examen par le patient grâce à un schéma, mais aussi améliorer la transmission de l'information entre les praticiens par l'utilisation d'un QR code

Matériel et Méthodes : Cinq étapes ont été suivies, nous avons définis les paramètres nécessaires au compte-rendu pour la prise en charge médicale par revue de la littérature et des recommandations; ainsi que des avis d'experts. Nous avons ensuite généré un modèle de données, d'un modèle de compte-rendu prérédigé, puis la réalisation de représentations schématiques pour enfin permettre la génération de QR code reprenant ces données.

Résultats : Les paramètres importants au compte rendu d'imagerie ont été extraits de la littérature mais aussi des recommandations de sociétés savantes et de l'avis d'experts. Nous avons présenté un modèle de données au format YAML, suivi d'une description de ce modèle par un schéma JSON. Ensuite à partir de ces données au format YAML, nous avons généré de façon automatique un texte en langage naturel ainsi qu'une iconographie. Toutes ces données au format YAML peuvent finalement être transmises et intégrés facilement par QR code.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Rémi Besson

Assesseurs : Monsieur le Professeur Grégoire Ficheur

..... **Monsieur le Professeur Christophe Berkhout**

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Emmanuel Chazard

..... **Monsieur le Docteur Arthur Lauriot Dit Prevost**