

Académie d'Orléans –Tours
Université François-Rabelais

FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

Année 2015

N°

Thèse

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'Etat

Par

Petit Sophie
Née à Confolens le 28 juin 1985

Présentée et soutenue publiquement le 22 septembre 2015

TITRE

Fréquence d'inclusion de la thyroïde dans le volume d'acquisition des examens
tomodensitométriques non cervicaux de l'enfant

Jury

Président de Jury : **Monsieur le Professeur SIRINELLI**
Membres du jury : **Monsieur le Professeur Daniel ALISON**
Monsieur le Professeur Jean Philippe COTTIER
Madame le Docteur Clara VALLIN

RESUMÉ

Objectif :

La thyroïde est un organe très radiosensible, particulièrement chez l'enfant. Notre objectif était d'évaluer la présence de la thyroïde dans le volume d'acquisition des tomodensitométries (TDM) non cervicales pédiatriques. Sa situation cervicale aux différents âges et nos pratiques concernant les limites d'acquisition de ces TDM ont été étudiées.

Matériel et méthode :

De novembre 2014 à juillet 2015, les TDM du crâne, massif facial et thorax réalisées dans le service de radiopédiatrie du CHRU de Tours ont été incluses. Rétrospectivement on notait la présence partielle ou totale de la thyroïde dans le volume d'acquisition. Les pôles de la thyroïde étaient alors localisés par rapport aux corps vertébraux. On corrélait les données avec l'âge, le sexe, la région anatomique explorée et la position des bras. La vertèbre située en limite de la région cervicale était relevée.

Résultats :

Sur 494 TDM incluses, 37% contenaient la thyroïde, dont 10% en totalité. Elle se situait entre C5 et T1, et était en général absente au-dessus de C4. La thyroïde évoluait distalement avec l'âge. Seule la région anatomique explorée était statistiquement liée à son inclusion. On dénombrait 80,3% de TDM du thorax, 13,1% du massif facial et 6,6% du crâne. Si l'exposition thyroïdienne était épargnée sur les TDM du crâne représentant la moitié de la population, elle existait dans 41% des TDM du massif facial et 94% des examens thoraciques. Ce dernier résultat était en partie lié à notre exercice puisque 25,8 % des TDM thoraciques débutaient avant la 6ème vertèbre cervicale.

Conclusion :

La fréquence de l'inclusion de la thyroïde lors d'exploration TDM non cervicales, surtout à l'étage thoracique, modifie notre perception de la part d'irradiation directe de la thyroïde imputable à ce type de scanner, et l'estimation du risque de cancer radio-induit. Des moyens existants pour sa radioprotection doivent être appliqués.

Mots clés : tomodensitométrie, thyroïde, enfant, protocole, radioprotection

Inclusion frequency of thyroid gland in the volume acquisition of non-cervical Computed Tomography of the child

Abstract

Objectives:

The thyroid gland is a highly radiosensitive organ, particularly in children. The objective of this study was to evaluate the presence of the thyroid in the acquisition volume of non-pediatric cervical computed Tomography (CT). Its cervical location at different ages and our practices regarding the limits of these CT were also assessed.

Materials and methods:

From November 2014 to July 2015, TDM of skull, facial bones and chest were included. Retrospectively it was noted partial or complete presence of the thyroid in the acquisition volume. Upper and lower extremities of the thyroid were then located relative to the vertebral bodies facing. The data were correlated with age, gender, anatomical region explored and position of the arms.

The vertebra at the edge cervical area was noticed.

Results:

From 494 included CT, 37% contained thyroid, 10% incorporated it totally. It was generally located between C5 and T1, and generally absent above C4. The thyroid evolved distally with increasing age. Only the type of CT was statistically linked to its presence. There were 80.3% of chest CT, 13.1% of facial bones, 6.6% of the skull. If thyroid was spared from exposure on cranial CT representing half of the population, it existed in 41% of CT facial bones and 94% of thoracic exams. This result was partly due to our practices, as 25.8% thoracic CT debuted before the 6th cervical vertebra.

Conclusion:

Frequency of the inclusion of thyroid apart from the cervical CT, mainly in thoracic area, changes our perception from direct irradiation of the thyroid due to this kind of CT and our estimation of the risk of radiation-induced cancer. There are means for its radiation protection which must be applied.

Key words: computed Tomography, thyroid gland, children, protocol, radioprotection

UNIVERSITE FRANCOIS RABELAIS
FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

DOYEN

Professeur Patrice DIOT

VICE-DOYEN

Professeur Henri MARRET

ASSESSEURS

Professeur Denis ANGOULVANT, *Pédagogie*
Professeur Mathias BUCHLER, *Relations internationales*
Professeur Hubert LARDY, *Moyens – relations avec l'Université*
Professeur Anne-Marie LEHR-DRYLEWICZ, *Médecine générale*
Professeur François MAILLOT, *Formation Médicale Continue*
Professeur Philippe ROINGEARD, *Recherche*

SECRETAIRE GENERALE

Madame Fanny BOBLETER

DOYENS HONORAIRES

Professeur Emile ARON (†) – 1962-1966
Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962
Professeur Georges DESBUQUOIS (†)- 1966-1972
Professeur André GOUAZÉ - 1972-1994
Professeur Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004
Professeur Dominique PERROTIN – 2004-2014

PROFESSEURS EMERITES

Professeur Alain AUTRET
Professeur Catherine BARTHELEMY
Professeur Jean-Claude BESNARD
Professeur Patrick CHOUTET
Professeur Etienne DANQUECHIN-DORVAL
Professeur Guy GINIES
Professeur Olivier LE FLOCH
Professeur Etienne LEMARIE
Professeur Chantal MAURAGE
Professeur Léandre POURCELOT
Professeur Michel ROBERT
Professeur Jean-Claude ROLLAND

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. Ph. ANTHONIOZ - A. AUDURIER – Ph. BAGROS - G. BALLON – P.BARDOS - Ch. BERGER –
J. BRIZON - Mme M. BROCHIER - Ph. BURDIN - L. CASTELLANI J.P. FAUCHIER - B. GRENIER –
A. GOUAZE – M. JAN – J.-P. LAMAGNERE - F. LAMISSE – J. LANSAC – J. LAUGIER - G. LELORD -
G. LEROY - Y. LHUINTE - M. MAILLET - Mlle C. MERCIER – J. MOLINE - Cl. MORAINÉ - J.P. MUH -
J. MURAT - Ph. RAYNAUD – JC. ROLLAND – Ph. ROULEAU - A. SAINDELLE - J.J. SANTINI - D. SAUVAGE
– J. THOUVENOT - B. TOUMIEUX - J. WEILL.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

MM.	ALISON Daniel.....	Radiologie et Imagerie médicale
	ANDRES Christian.....	Biochimie et Biologie moléculaire
	ANGOULVANT Denis.....	Cardiologie
	ARBEILLE Philippe.....	Biophysique et Médecine nucléaire
	AUPART Michel.....	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	BABUTY Dominique.....	Cardiologie
	BALLON Nicolas.....	Psychiatrie ; Addictologie
Mme	BARILLOT Isabelle.....	Cancérologie ; Radiothérapie
MM.	BERNARD Louis.....	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
	BEUTTER Patrice.....	Oto-Rhino-Laryngologie
	BINET Christian.....	Hématologie ; Transfusion
	BODY Gilles.....	Gynécologie et Obstétrique
	BONNARD Christian.....	Chirurgie infantile
	BONNET Pierre.....	Physiologie
Mme	BONNET-BRILHAULT Frédérique.....	Physiologie
MM.	BOUGNOUX Philippe.....	Cancérologie ; Radiothérapie
	BRILHAULT Jean.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	BRUNEREAU Laurent.....	Radiologie et Imagerie médicale
	BRUYERE Franck.....	Urologie
	BUCHLER Matthias.....	Néphrologie
	CALAIS Gilles.....	Cancérologie ; Radiothérapie
	CAMUS Vincent.....	Psychiatrie d'adultes
	CHANDENIER Jacques.....	Parasitologie et Mycologie
	CHANTEPIE Alain.....	Pédiatrie
	COLOMBAT Philippe.....	Hématologie ; Transfusion
	CONSTANS Thierry.....	Médecine interne ; Gériatrie et Biologie du vieillissement
	CORCIA Philippe.....	Neurologie
	COSNAY Pierre.....	Cardiologie
	COTTIER Jean-Philippe.....	Radiologie et Imagerie médicale
	COUET Charles.....	Nutrition
	DANQUECHIN DORVAL Etienne.....	Gastroentérologie ; Hépatologie
	DE LA LANDE DE CALAN Loïc.....	Chirurgie digestive
	DE TOFFOL Bertrand.....	Neurologie
	DEQUIN Pierre-François.....	Thérapeutique ; médecine d'urgence
	DESTRIEUX Christophe.....	Anatomie
	DIOT Patrice.....	Pneumologie
	DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague.....	Anatomie & Cytologie pathologiques
	DUMONT Pascal.....	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	EL HAGE Wissam.....	Psychiatrie adultes
	FAUCHIER Laurent.....	Cardiologie
	FAVARD Luc.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	FOUQUET Bernard.....	Médecine physique et de Réadaptation
	FRANCOIS Patrick.....	Neurochirurgie
	FROMONT-HANKARD Gaëlle.....	Anatomie & Cytologie pathologiques
	FUSCIARDI Jacques.....	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence
	GAILLARD Philippe.....	Psychiatrie d'Adultes
	GYAN Emmanuel.....	Hématologie ; thérapie cellulaire
	GOGA Dominique.....	Chirurgie maxillo-faciale et Stomatologie
	GOUDEAU Alain.....	Bactériologie -Virologie ; Hygiène hospitalière
	GOUPILLE Philippe.....	Rhumatologie
	GRUEL Yves.....	Hématologie ; Transfusion
	GUERIF Fabrice.....	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction
	GUILMOT Jean-Louis.....	Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire
	GUYETANT Serge.....	Anatomie et Cytologie pathologiques
	HAILLOT Olivier.....	Urologie
	HALIMI Jean-Michel.....	Thérapeutique ; médecine d'urgence (Néphrologie et Immunologie clinique)
	HANKARD Régis.....	Pédiatrie
	HERAULT Olivier.....	Hématologie ; transfusion
	HERBRETEAU Denis.....	Radiologie et Imagerie médicale
Mme	HOMMET Caroline.....	Médecine interne, Gériatrie et Biologie du vieillissement
MM.	HUTEN Noël.....	Chirurgie générale
	LABARTHE François.....	Pédiatrie
	LAFFON Marc.....	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence
	LARDY Hubert.....	Chirurgie infantile
	LAURE Boris.....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
	LEBRANCHU Yvon.....	Immunologie
	LECOMTE Thierry.....	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
	LESCANNE Emmanuel.....	Oto-Rhino-Laryngologie

	LINASSIER Claude	Cancérologie ; Radiothérapie
	LORETTE Gérard	Dermato-Vénéréologie
	MACHET Laurent	Dermato-Vénéréologie
	MAILLOT François	Médecine Interne
	MARCHAND-ADAM Sylvain	Pneumologie
	MARRET Henri	Gynécologie et Obstétrique
	MARUANI Annabel	Dermatologie
	MEREGHETTI Laurent	Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière
	MORINIERE Sylvain	O.R.L.
	MULLEMAN Denis	Rhumatologie
	PAGES Jean-Christophe	Biochimie et biologie moléculaire
	PAINTAUD Gilles	Pharmacologie fondamentale, Pharmacologie clinique
	PATAT Frédéric	Biophysique et Médecine nucléaire
	PERROTIN Dominique	Réanimation médicale ; médecine d'urgence
	PERROTIN Franck	Gynécologie et Obstétrique
	PISELLA Pierre-Jean	Ophtalmologie
	QUENTIN Roland	Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière
	REMERAND Francis	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale
	ROBIER Alain	Oto-Rhino-Laryngologie
	ROINGEARD Philippe	Biologie cellulaire
	ROSSET Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	ROYERE Dominique	Biologie et Médecine du développement et de la Reproduction
	RUSCH Emmanuel	Epidémiologie, Economie de la Santé et Prévention
	SALAME Ephrem	Chirurgie digestive
	SALIBA Elie	Biologie et Médecine du développement et de la Reproduction
Mme	SANTIAGO-RIBEIRO Maria	Biophysique et Médecine Nucléaire
MM.	SIRINELLI Dominique	Radiologie et Imagerie médicale
	THOMAS-CASTELNAU Pierre	Pédiatrie
Mme	TOUTAIN Annick	Génétique
MM.	VAILLANT Loïc	Dermato-Vénéréologie
	VELUT Stéphane	Anatomie
	WATIER Hervé	Immunologie.

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

M.	LEBEAU Jean-Pierre	Médecine Générale
Mme	LEHR-DRYLEWICZ Anne-Marie	Médecine Générale

PROFESSEURS ASSOCIES

MM.	MALLET Donatien	Soins palliatifs
	POTIER Alain	Médecine Générale
	ROBERT Jean	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme	ANGOULVANT Théodora	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique : addictologie
M.	BAKHOS David	Physiologie
Mme	BERNARD-BRUNET Anne	Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication
M.	BERTRAND Philippe	Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication
Mme	BLANCHARD Emmanuelle	Biologie cellulaire
	BLASCO Hélène	Biochimie et biologie moléculaire
M.	BOISSINOT Éric	Physiologie
Mme	CAILLE Agnès	Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication
M.	DESOUBEAUX Guillaume	Parasitologie et mycologie
Mme	DUFOUR Diane	Biophysique et Médecine nucléaire
M.	EHRMANN Stephan	Réanimation médicale
Mme	FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie	Anatomie et Cytologie pathologiques
M.	GATAULT Philippe	Néphrologie
Mmes	GAUDY-GRAFFIN Catherine	Bactériologie - Virologie ; Hygiène hospitalière
	GOUILLEUX Valérie	Immunologie
	GUILLON-GRAMMATICO Leslie	Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication
MM.	HOARAU Cyrille	Immunologie
	HOURIOUX Christophe	Biologie cellulaire
Mmes	LARTIGUE Marie-Frédérique	Bactériologie - Virologie ; Hygiène hospitalière
	LE GUELLEC Chantal	Pharmacologie fondamentale ; Pharmacologie clinique
	MACHET Marie-Christine	Anatomie et Cytologie pathologiques
MM.	PIVER Eric	Biochimie et biologie moléculaire

	ROUMY Jérôme.....	Biophysique et médecine nucléaire in vitro
Mme	SAINT-MARTIN Pauline	Médecine légale et Droit de la santé
MM.	SAMIMI Mahtab	Dermatologie
	TERNANT David.....	Pharmacologie – toxicologie
Mme	VALENTIN-DOMELIER Anne-Sophie..	Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière
M.	VOURC'H Patrick.....	Biochimie et Biologie moléculaire

MAITRES DE CONFERENCES

Mme	ESNARD Annick	Biologie cellulaire
M.	LEMOINE Maël.....	Philosophie
Mme	MONJAUZE Cécile	Sciences du langage - Orthophonie
M.	PATIENT Romuald	Biologie cellulaire

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE

Mmes	HUAS Caroline.....	Médecine Générale
	RENOUX-JACQUET Cécile	Médecine Générale

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRA

M.	BOUAKAZ Ayache	Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 930
Mmes	BRUNEAU Nicole	Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930
	CHALON Sylvie.....	Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 930
MM.	CHARBONNEAU Michel.....	Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292
	COURTY Yves.....	Chargé de Recherche CNRS – UMR INSERM 1100
	GAUDRAY Patrick	Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292
	GILOT Philippe	Chargé de Recherche INRA – UMR INRA 1282
	GOUILLEUX Fabrice	Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292
Mmes	GOMOT Marie	Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930
	GRANDIN Nathalie	Chargée de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292
	HEUZE-VOURCH Nathalie	Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
MM.	KORKMAZ Brice	Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
	LAUMONNIER Frédéric.....	Chargé de Recherche INSERM - UMR INSERM 930
	LE PAPE Alain	Directeur de Recherche CNRS – UMR INSERM 1100
Mme	MARTINEAU Joëlle	Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930
MM.	MAZURIER Frédéric.....	Directeur de Recherche INSERM – UMR CNRS 7292
	MEUNIER Jean-Christophe.....	Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 966
	RAOUL William.....	Chargé de Recherche INSERM – UMR CNRS 7292
Mme	RIO Pascale.....	Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1069
M.	SI TAHAR Mustapha.....	Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour la Faculté de Médecine

Mme	BIRMELE Béatrice	Praticien Hospitalier (<i>éthique médicale</i>)
M.	BOULAIN Thierry	Praticien Hospitalier (<i>CSCT</i>)
Mme	CRINIERE Lise	Praticien Hospitalier (<i>endocrinologie</i>)
M.	GAROT Denis.....	Praticien Hospitalier (<i>sémiologie</i>)
Mmes	MAGNAN Julie.....	Praticien Hospitalier (<i>sémiologie</i>)
	MERCIER Emmanuelle	Praticien Hospitalier (<i>CSCT</i>)

Pour l'Ecole d'Orthophonie

Mme	DELORE Claire	Orthophoniste
MM.	GOUIN Jean-Marie	Praticien Hospitalier
	MONDON Karl	Praticien Hospitalier
Mme	PERRIER Danièle.....	Orthophoniste

Pour l'Ecole d'Orthoptie

Mme	LALA Emmanuelle	Praticien Hospitalier
M.	MAJZOUB Samuel.....	Praticien Hospitalier

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté,
de mes chers condisciples
et selon la tradition d'Hippocrate,
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur
et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent,
et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux
ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira
les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira
pas
à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres,
je rendrai à leurs enfants
l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime
si je suis fidèle à mes promesses.
Que je sois couvert d'opprobre
et méprisé de mes confrères
si j'y manque.

REMERCIEMENTS

A mes chers membres de jury, merci de vos soutiens au cours de ma formation, j'admirerai et respecterai toujours votre travail, ainsi que les nombreuses heures que vous ne comptez pas pour notre belle discipline qu'est la radiologie.

A M. le Professeur Dominique Sirinelli, je vous remercie de votre patience, et de cette ténacité que rien n'arrête. Votre dévotion à m'accompagner dans ces tâches qui me semblaient invincibles m'a toujours stupéfaite. Nous avons gravi ensemble ces sommets, avec finalement beaucoup de simplicité. Je reconnais là un trait du corse que vous êtes. Vous êtes aussi un véritable professeur, qui entraîne ses internes à s'intéresser à ses propres questionnements sur sa pratique quotidienne de la radiopédiatrie.

A M. le Professeur Jean Philippe Cottier, votre savoir, votre constance, votre honnête et sincère gentillesse inspirent à tous le respect, au sein et en dehors de notre spécialité. Merci de m'avoir transmis un peu de cette fabuleuse connaissance. Merci de l'estime que vous portez aux internes, que nous ressentons lors de notre passage dans votre service. Il participe à notre épanouissement.

A M. le Professeur Daniel Alison, votre bon sens et votre self control nous donnait confiance. Merci de votre considération, nous étions de pâles débutants face à l'envergure de votre carrière. Je n'oublierai pas ces heures tardives où vous corrigez nos mauvaises copies d'interne, et qui forçaient l'admiration des chirurgiens qui passaient la porte de la salle d'interprétation du scanner des urgences.

A Madame le Docteur Clara Vallin, protectrice et bienfaitrice, tu m'as montrée la persévérance, et comment on boucle un dossier avec sérieux. Tu es une personne brillante qui m'a beaucoup appris. J'ai aimé être entraîné dans ce dynamisme qui te caractérise.

Au Dr Anne charlotte Jaudeau, dont les interrogations sur son activité de radiologue responsable ont sans doute fait germer quelques idées...quelle chance de t'avoir eu comme co-interne...

A Jean, Kathleen, Manuela, Maxence, Walid et mes parents, soutiens inconditionnels à la rédaction de cette thèse.

Aux radiologues qui m'ont ouvert les yeux, aiguisé et captivé le regard : Loïc (1^{er} à avoir éduqué mon interprétation au systématique, alliant rigueur, réflexion et subtilité), Bertrand et Franck (chefs tolérants...je n'ai plus peur des objets qui piquent grâce à vous), Kathleen, Marie-Agnès, Laure, Elodie, Dr. Rapoport, Aurore, Julien, Béatrice, Marie, Arnaud, Marie Christine, Khalid, Gilles...

Aux Dr Lebas et Dr Thiesse, radiologues talentueux, impressionnants de droiture, courage, intelligence et humanisme. Vous êtes de grands patrons.

Et à tous les autres bien sûr, merveilleuses rencontres pleines d'enseignements lors de mes différents stages à Châteauroux, Orléans, Lyon, Tours.

A M. le Pr Bonnet Blanc, Mme la Pr Bordessoule, M. le Pr Valleix : je n'ai jamais plus ressenti cette foi dans la médecine et cette volonté de transmettre que lors de vos cours, à la faculté de Médecine de Limoges.

A mon père, le Dr Laurent Petit, 1er modèle de médecin de ma vie et meilleur précepteur des principes que j'ai récité en soutenant cette thèse. Tu m'as appris à apprécier un être humain anatomiquement... mais avant tout moralement. C'est toi qui m'as fait comprendre le sens de la déontologie : la science du devoir. Grâce à toi le malade ne me fait pas peur, m'inspire l'empathie mais surtout le pragmatisme.

A ma mère, le Dr Marie-Laure Petit, âme douce mais si forte. Tu es une intellectuelle résistante, aux ressources inépuisables. J'espère avoir pris de toi un peu de cette si grande sagacité. Merci de l'attention dont tu m'as entourée au cours de toutes ces années qui m'ont menée à cette thèse.

A ma fratrie, et nos si belles vertes années.

A ma famille, ce clan dont le soutien indéfectible m'a tant apportée.

A Maxence, mon amour, capitaine de mon navire, qui tient fermement ma main pour m'empêcher de sombrer quand la tempête de l'angoisse m'emporte. Mon antidote au cœur pur. De beaux jours nous attendent.

A mon 2ème clan d'adoption, et la formidable compagnie Thibault.

A mes amis de cœur, de labeur, ma bande qui se reconnaîtra. Rien n'aurait été, rien n'est possible sans vous.

A mon amie Florence, et ces années limougeautes qui nous lient pour toujours.

A Wilhelm Conrad Röntgen, découvreur des rayons X, qui ignorait qu'il donnerait un sens à ma vie.

Et encore merci à tous.

(Tout cet excès de lyrisme parce que, comme dit Marie Christine, je suis définitivement «une fille 19ème siècle »...)

« Le danger, ce n'est pas ce qu'on ignore, c'est ce que l'on tient pour certain et qui ne l'est pas. »
Mark Twain

« Il n'est pas besoin d'espérer pour entreprendre, ni de réussir pour persévérer. »
Guillaume d'Orange

« Le bonheur est la seule chose qui se double si on le partage. »
Albert Schweitzer

Un homme dit, Parle-nous de la Connaissance de soi.

(...)

Et ne sondez pas les profondeurs de votre connaissance avec tige ou jauge,

Car le soi est une mer sans limites ni mesures.

Ne dites pas: "J'ai trouvé la vérité", mais plutôt: "J'ai trouvé une vérité".

L'âme ne marche pas sur une ligne de crête, pas plus qu'elle ne croit tel un roseau.

L'âme se déploie, comme un lotus aux pétales innombrables.

Et la prêtresse parla à nouveau et dit : Parlez-nous de la Raison et de la Passion.

(...)

Votre âme est souvent un champ de bataille au sein duquel votre raison et votre jugement luttent contre votre passion et votre instinct.

Votre raison et votre passion sont le gouvernail et les voiles de votre âme qui navigue de port en port.

Si votre gouvernail ou vos voiles se brisent, vous ne pouvez qu'être ballottés et aller à la dérive, ou rester ancrés au milieu de la mer.

Car la raison, régnant seule, est une force qui brise tout élan ; et la passion, livrée à elle-même, est une flamme qui se consume jusqu'à sa propre extinction.

Aussi, laissez votre âme exalter votre raison jusqu'aux hauteurs de la passion, de sorte qu'elle puisse chanter

Puis un maître dit, Parle-nous de l'Enseignement.

(...)

Personne ne peut vous apprendre quoi que ce soit qui ne repose déjà au fond d'un demi-sommeil dans l'aube de votre connaissance.

Le maître (...)

S'il est vraiment sage, il ne vous invite pas à entrer dans la demeure de sa sagesse. Il vous conduit jusqu'au seuil de votre esprit.

Le musicien peut vous interpréter le rythme qui régit tout espace. Il ne peut vous donner l'ouïe qui capte le rythme, ni la voix qui lui fait écho.

Car la vision d'un être ne prête pas ses ailes à d'autres

Extraits de *Le Prophète*, de Kahlil Gibran

<u>TABLE DES MATIÈRES</u>

Définitions et abréviations.....	p13
Introduction	p16
Matériel et méthode.....	p18
1) Sélection des patients	
2) Recueil d'informations	
3) Analyses statistiques	
Résultats.....	p23
1) Analyse descriptive	
a/ Population de l'étude	
b/ Variable principale : Présence de la thyroïde dans le volume d'acquisition	
c/ Paramètres secondaires	
2) Analyse explicative	
Discussion.....	p32
1) Résultats principaux et confrontation aux données existantes	
2) Forces et faiblesses de l'étude	
3) Exposition de la thyroïde et risque radique	
4) Impact de notre étude : reconsidérer l'évaluation de l'irradiation de la thyroïde et améliorer nos pratiques	
5) Perspectives	
Conclusion.....	p42
Bibliographie.....	p43
Annexes.....	p47

DEFINITIONS ET ABREVIATIONS

Le système « *Automatic Exposure Control* » (AEC) : système de modulation automatique de l'exposition permet une optimisation automatique de l'exposition. L'ampérage du générateur est alors modulé, coupe par coupe, en fonction du profil d'absorption des tissus explorés ainsi que de l'angle du faisceau pour tenir compte des différences de diamètre de la région explorée.

ALARA « As Low As Reasonable Achivable » : correspondant en radioprotection au principe d'optimisation, les expositions devant être réduites au niveau le plus bas raisonnablement possible.

Anneau TDM : le statif ou *gantry* renfermant le tube à rayons X et les filtres, le générateur haute tension, le détecteur ainsi que le système d'acquisition, l'électronique de contrôle et la climatisation de l'ensemble. Ce statif est renfermé dans un tunnel très court appelé communément «anneau».

Axe z : axe défini selon le sens longitudinal de déplacement de la table de scanner, par rapport à la tête ou les pieds du patient, servant à définir les plans de reconstruction coronal, frontal ou sagittal.

CIPR : Commission International de Protection Radiologique

Comité BEIR: Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation

CTDI (Computed Tomography Dose Index, ou IDS : index de dose scanographique, en mGy) : indicateur de la dose aux tissus. Il est mesuré en pratique à l'aide de fantômes en plexiglas (PMMA) de tailles standardisées et d'une chambre d'ionisation " crayon " insérée au centre et en périphérie des fantômes, reliée à un électromètre. Le CTDI correspond à l'intégrale du profil de dose mesurée pour une rotation du tube (en mode séquentiel), divisée par la largeur de la fenêtre d'irradiation. Il est influencé par la tension (kV), l'intensité du courant (mA), le temps de rotation du tube, le diamètre du fantôme utilisé le champ de vue l'épaisseur de coupe.

Dose absorbée: l'importance d'une irradiation est définie par l'énergie déposée localement. La dose absorbée exprime en un point la quantité d'énergie cédée par les rayonnements à l'unité de masse exposée. L'unité de mesure est le Gray (Gy) qui correspond à 1 joule par kilogramme. En radioprotection, cet indicateur de dose désigne la dose moyenne absorbée par un tissu, un organe ou le corps entier, et est l'indicateur d'effets stochastiques.

Dose équivalente : afin de tenir compte de la nature du rayonnement (X, gamma, alpha,...), un facteur de pondération radiologique (WR) est appliqué à la dose absorbée. La dose

équivalente ainsi calculée fournit un indicateur d'exposition comparable entre les différents types de RI. Les WR sont des valeurs opérationnelles pour la radioprotection. Ils sont définis par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) en fonction des effets biologiques, associés à chaque type de RI, observés lors d'expériences de radiobiologie (efficacité biologique relative). La dose équivalente s'exprime en sievert (Sv). Une dose équivalente de rayons-X de 1 Sv représente une dose absorbée de 1 Gy (WR=1).

Dose efficace (en Sv): la dose efficace correspond à la somme des doses équivalentes délivrées par l'exposition interne et externe aux différents tissus et organes du corps. Chaque dose équivalente à un tissu ou organe est pondérée par un coefficient de risque, ou facteur de pondération tissulaire (WT) lié à la radiosensibilité de l'organe. Les WT sont aussi définis par la CIPR en tenant compte des données relatives au risque de cancer et d'effets héréditaires associé à l'exposition du tissu ou organe. La dose efficace correspond donc à la dose virtuelle qui, en irradiation totale, entrainerait un risque (d'effets stochastiques) de même importance que celui associé à une exposition localisée à un organe.

Dose moyenne (en mGy) : correspond à la division du CTDI volumique par le pitch permet de tenir compte de l'effet d'étalement ou d'augmentation de la dose lié à l'utilisation d'un pitch supérieur ou inférieur à 1.

Relation Dose-réponse : relation linéaire sans seuil entre l'irradiation et la réaction de l'organisme. Les effets d'une irradiation à un instant donné peuvent dépendre d'irradiations précédentes (réponse adaptative).

Irradiation primaire : irradiation délivrée directement par le faisceau de rayon X.

Irradiation diffusée : liée à la dispersion des rayons X secondaire à leur interaction avec la matière.

Niveau de Référence Diagnostic (NRD) : Le guide des procédures radiologiques de la Société Française de Radiologie définit pour une procédure radiologique et une indication donnée, des paramètres techniques recommandés pour l'acquisition d'images et les niveaux de dose associés.

Pénombre : Zone de flou géométrique en bordure d'acquisition liée au caractère non ponctuel du faisceau. Ne participe pas à l'obtention d'image.

Pitch : vitesse de déplacement table multiplié par le temps de rotation faisceau de rayon X divisé par la fenêtre d'irradiation.

Modélisation de Monte Carlo : simulations utilisant une méthode algorithmique visant à calculer une valeur numérique approchée par des procédés probabilistes utilisant des fantômes mathématiques, sans recueil dosimétrique. Dans le cas du calcul de risque de cancer

lié au TDM, les estimations reposent sur une révision des indices de dose correspondant aux différents modèles de scanner et une simulation du transport de particules radioactives et d'interaction avec la matière réalisée à l'aide de code de calcul. Un logiciel intègre une librairie originale de fantômes mathématiques modélisant de manière réaliste l'anatomie interne d'enfants. Les doses aux âges intermédiaires sont estimées par interpolation des valeurs calculées pour ces âges de référence.

Produit dose longueur (PDL ou DLP, en mGy.cm): Il est défini pour une acquisition par la multiplication de la longueur d'irradiation avec le CTDI volumique, fonction des paramètres d'acquisition. Il reflète ainsi une dose " cumulée " sur la totalité de l'acquisition et permet une estimation du risque.

Topogramme : ou *scoutview* (« éclairage ») ou *sureview*, permet le repérage pour la mise en place des volumes d'acquisition en scanner. Une image scannographique de type radiologique est générée avec le tube en position haute ou latérale selon les constructeurs, sans rotation, la table se déplaçant lors de l'émission de rayons X. Elle permet au manipulateur de positionner la zone d'acquisition (première et dernière coupe).

TDM : Tomodensitométrie, homonyme de scanner dans cette thèse.

UNSCEAR: United Nations Scientific Committee On Effects Of Atomic Radiations

[1, 2, 3]

INTRODUCTION

Au cours des trente dernières années on constate à l'échelle mondiale une augmentation de l'incidence du cancer de la thyroïde. Une étude portant sur 19 populations de 5 continents différents rapporte une élévation de 58,1% de cette incidence sur cette période [4]. L'incidence française de ce cancer a connu une augmentation de l'ordre de 6% de 1980 à 2005. Cette tendance se constate également dans la population pédiatrique et jeune adulte : de 1984 à 2010 on a observé aux Etats-Unis une élévation de l'incidence des carcinomes différenciés de la thyroïde chez l'enfant, de 3,44 % par an chez les garçons et 3,81% chez les filles [5].

Même si sa contribution actuelle est faible par rapport à l'ensemble des cancers (2,7% en 2012 en France), et qu'il reste peu grave (mortalité de 375 pour 100 000 habitants soit 0,3% des cancers) [6], cette évolution inquiète le corps médical, notamment en France [7]. Des écrits récents s'interrogent sur sa causalité [8, 9].

L'amélioration des techniques de sa détection et de son diagnostic est évoquée [10] mais des facteurs environnementaux doivent également être recherchés [11], car cette augmentation ne concerne pas que les seuls cancers asymptomatiques dépistés par l'échographie, mais aussi les tumeurs avancées [12], y compris dans la population pédiatrique [5].

Parmi les causes avancées, on retrouve l'exposition thyroïdienne aux rayonnements ionisants, démontrée biologiquement à l'échelle moléculaire [13, 14], mais aussi cliniquement. Son rôle dans l'oncogenèse de ce cancer est connu depuis longtemps [15, 16], notamment à travers les études de cohorte sur les survivants des bombes atomiques, accidents nucléaires et populations traitées par radiothérapie [15, 16, 17]. Elle demeure toujours un sujet étudié actuellement, particulièrement dans les populations pédiatriques [18]. L'exposition à un jeune âge à ces rayonnements est un facteur de risque du cancer de la thyroïde reconnu et bien décrit dans la littérature [18, 19], du fait d'une radiosensibilité globale plus élevée chez l'enfant.

Actuellement, lors de l'évaluation des risques de cancers radio-induits pédiatriques, en particulier thyroïdien, l'irradiation d'origine médicale est devenue un facteur qui ne peut être négligé [8, 11]. Deux utilisations des rayonnements ionisants existent dans ce domaine : thérapeutique et diagnostique. La part de l'irradiation liée à l'activité diagnostique ne cesse de croître, particulièrement par la généralisation de l'utilisation du scanner, qui en est devenu le plus grand pourvoyeur. En effet la tendance mondiale est à l'augmentation de la réalisation de cet examen, passant aux Etats-Unis de 3 à 62 millions par an entre 1980 et 2003 [20]. En

2012, une étude française menée par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire notait une augmentation de la dose efficace annuelle moyenne par habitant de 20% de 2007 à 2012 avec une augmentation de la part de la TDM passant de 58 à 71% soit une augmentation globale de 12% des TDM sur cette période [21]. Chez l'enfant, son nombre semble se stabiliser [21,22]. Toutefois il demeure l'acte radiologique délivrant le plus de dose au patient. En 2010, 1% de la population pédiatrique était exposée au TDM, elle représentait 2,1% des actes irradiants mais contribuait à hauteur de 26,7% de la dose efficace totale [22].

Le rôle du scanner dans cette « épidémie » de cancer de la thyroïde est donc une véritable interrogation, posée par Baker dès 2006, qui le qualifiait de « côté obscur » du scanner [10]. De 2000 à 2011, la cohorte française « Enfant Scanner » a été mise en place par l'IRSN pour étudier l'incidence des cancers dans une population de près de 110 000 enfants ayant bénéficié d'une TDM avant l'âge de 10 ans dans 21 centres hospitaliers universitaires. Les auteurs de l'étude alertaient sur l'importance de la dose délivrée à l'organe thyroïdien par l'ensemble des TDM pédiatriques [3].

Le calcul de risque de cancers thyroïdiens radio-induits doit tenir compte de deux facteurs : d'une part la dose à l'organe, et d'autre part le calcul du risque, fonction du modèle mathématique utilisé. Ces éléments sont déjà connus lorsque la glande est directement concernée par le faisceau de rayon X dans les examens tomodensitométriques cervicaux pédiatriques [23, 24, 25]. Ainsi dans une étude portant sur 393 enfants ayant bénéficié d'un scanner cervical dans un contexte traumatique, l'excès relatif de risque de cancer de la thyroïde induit était calculé entre 13 et 25 % [26]. Cette irradiation primaire est associée à une augmentation du risque de cancer thyroïdien induit de 390 par million d'enfants bénéficiant de cet examen [25]. L'irradiation indirecte de la thyroïde lors d'examen non cervicaux par le phénomène d'overscanning, le rayonnement diffusé et la pénombre radiologique, a aussi déjà été étudié [3,25,27,28].

En revanche, il n'existe pas de données dans la littérature concernant la fréquence avec laquelle cet organe radiosensible est directement concerné par le champ d'exploration des TDM non spécifiquement dédiées à l'étude cervicale de l'enfant, à savoir encéphaliques et thoraciques.

Afin de répondre à cette question, nous avons réalisé une étude dont l'objectif principal était l'évaluation de la fréquence d'inclusion de la glande thyroïde dans le volume d'acquisition des TDM non cervicales de l'enfant. Les objectifs secondaires de l'étude étaient la détermination de la position de la thyroïde aux différents âges étudiés et l'évaluation de nos pratiques concernant les limites d'acquisition de ces TDM entourant la région cervicale.

MATERIEL ET METHODE

1) Sélection des patients

Critères d'inclusion :

Sur une période de 8 mois, de novembre 2014 à Juillet 2015, l'ensemble des examens TDM injectés et non injectés des enfants de moins de 15 ans et 3 mois réalisés dans notre centre hospitalier universitaire ont été recueillis.

Dans un second temps, on sélectionnait rétrospectivement les TDM encéphaliques (massif facial, crâne) et thoraciques (thoracique, thoraco-abdomino-pelvien) dans le système d'information radiologique des examens d'imagerie du service de radio pédiatrie de l'hôpital (Xplore® de la firme EDLM).

Critères d'exclusion :

On excluait les scanners ne pouvant concerner la région cervicale : les scanners des rochers à l'étage encéphalique, et les scanners cardiaques débutant sous la 4ème vertèbre dorsale à l'étage thoracique.

Certains scanners enregistrés dans nos fichiers sous la dénomination de « thoracique » mais incluant aussi la région cervicale étaient également exclus (suivi de lymphome, neuroblastome, angio-TDM des troncs supra aortiques...).

Certains enfants explorés par TDM dont l'âge dépassait 15 ans et 3 mois, mais pour lesquels le suivi était toujours assuré dans le centre, n'étaient pas inclus.

2) Recueil d'informations

a/ Données d'imagerie :

Conditions d'interprétation

Les scanners sélectionnés étaient secondairement répartis selon un ordre aléatoire en utilisant cette fonction du logiciel Microsoft® Excel 2010.

Ils ont été extraits du PACS (Carestream® Vue Picture Archiving and Communication system) pour permettre une lecture sur console par un interne de radiologie en dernier semestre d'internat, ayant effectué un semestre de stage dans ce service. Ces scanners ont ensuite été visualisés sur des consoles d'interprétation dédiées (consoles Eiso® RX340 de 3 millions de Pixel), sans limite de temps, avec possibilité de fenêtrage, et reconstructions multiplanaires (MPR).

Paramètres d'imagerie analysés :

Le critère de jugement principal « présence de la thyroïde dans le volume d'acquisition » était évalué selon 3 modalités : absence, présence partielle ou présence totale de la thyroïde.

Quatre autres paramètres étaient également évalués :

- Lorsque le parenchyme thyroïdien était visible sur l'examen, on relevait la vertèbre située en regard du pôle supérieur et/ou inférieur de la thyroïde (cf encadré 1).
- La vertèbre délimitant le volume d'exploration du TDM autour de la région cervicale, en début ou fin de l'acquisition : 1ère vertèbre des TDM thoraciques, dernière des TDM crâniens et du massif facial (cf encadré 2).
- La position des bras levés ou baissés par rapport à l'axe vertical (visualisés sur le topogramme).
- Lors de TDM thoracique : la visualisation ou non des apex pulmonaires dans le champ d'acquisition.

ENCADRÉ 1

Méthode d'évaluation de la position de la thyroïde par l'utilisation d'un plan horizontal et de reconstructions multiplanaires

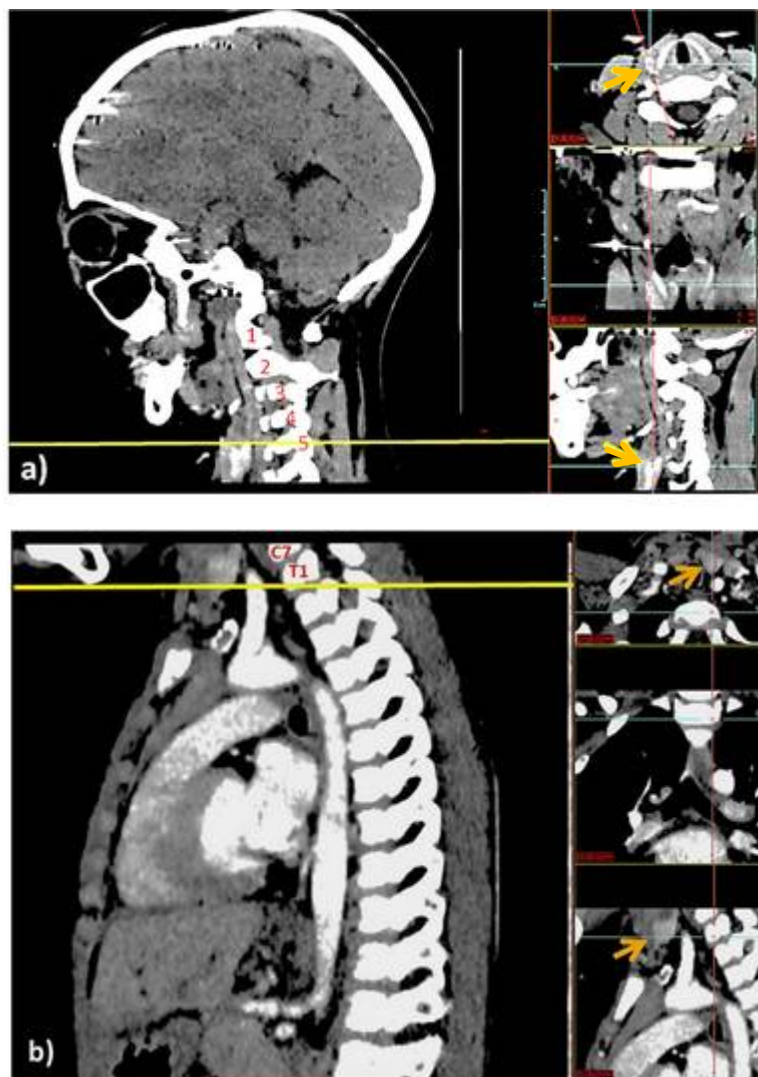
A l'aide des reconstructions MPR, le plan horizontal passant par la dernière coupe axiale TDM visualisant du parenchyme thyroïdien permettait de définir la vertèbre située à hauteur du pôle supérieur ou inférieur de la thyroïde.

Arbitrairement la 1ère vertèbre articulée avec les condyles occipitaux était dénommée 1ère cervicale C1, la 1ère vertèbre porteuse de cote dénommée 1ère thoracique T1.

Exemples: Reconstructions multiplanaires. Les flèches oranges indiquent la glande thyroïdienne, le trait jaune le plan de coupe axial.

Scanner du crâne fenêtre parenchymateuse (a) : pôle supérieur de la thyroïde situé en regard du corps vertébral de C5.

Scanner thoracique fenêtre médiastinale (b) : pôle inférieur de la thyroïde situé face à T1.

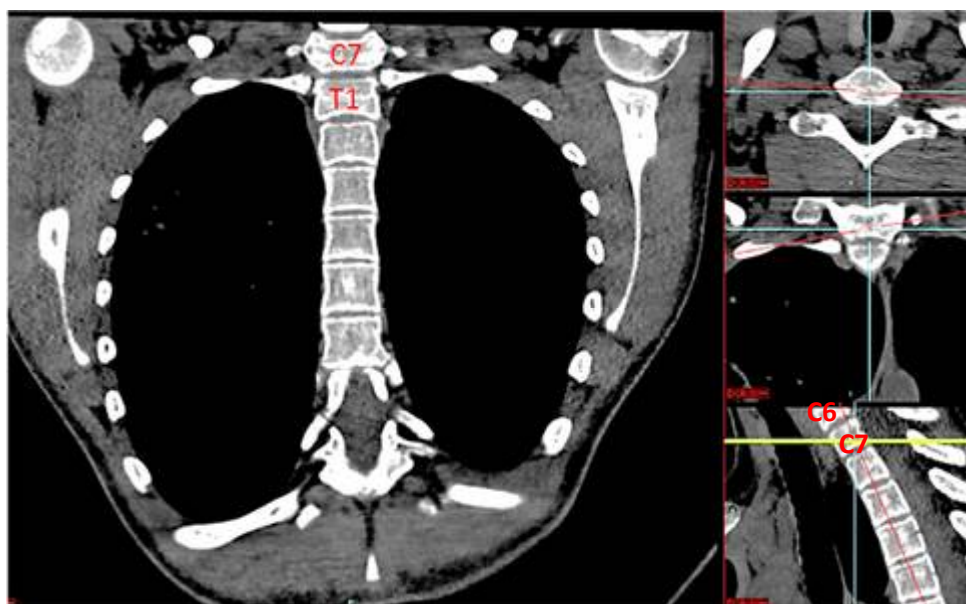


ENCADRÉ 2

Méthode d'évaluation de la vertèbre limitant le champ d'exploration :

On considérait comme vertèbre limitante celle dont plus de 50 % de la hauteur du corps vertébral appartenait à l'acquisition, ou si ses pédicules étaient visualisés en intégralité (arc postérieur).

Exemple : _Scanner thoracique, reconstruction multiplanaire, début d'acquisition en C7, car moitié du corps vertébral et pédicules de C6 non visibles.



b/ Données démographiques et médicales :

L'âge et le sexe du patient étaient également recueillis.

Les enfants étaient répartis en 4 catégories d'âge : ≤ 1 an, de 1 à 5 ans, de 5 à 10 ans, de 10 à 15 ans, en accord avec les recommandations de la Commission Européenne [29] et les Niveaux Diagnostiques de Référence recommandés en France [22,30].

Une catégorie supplémentaire était définie pour les enfants de moins de 1 an, en prenant en compte la morbidité spécifique à ce groupe d'âge.

Pour chaque examen, l'indication du compte rendu radiologique était classée en différentes catégories selon le type de TDM réalisé, rapporté dans le tableau 1.

Tableau 1 : Classification des indications des TDM examinées :	
<i>Thorax :</i>	
	1- Bronchique : mucoviscidose, dysplasie, asthme
	2- Infection
	3- Oncologique : bilan initial et suivi
	4- Traumatisme
	5- Vasculaire : malformation des gros vaisseaux, embolie pulmonaire
	6- Autre
<i>Massif facial</i>	
	1- Infection : mastoïdite, ethmoïdite, sinusite, phlegmon rétro-pharyngé, cellulite
	2- Malformation
	3- Traumatisme
	4- Autre : masse des parties molles, bilan péri-opératoire de kyste osseux, granulome, polypectomie
<i>Crâne</i>	
	1- Malformation encéphalique : bilan pré et post opératoire
	2- Neurologique : céphalée, convulsion, vomissement et signe d'hypertension intracrânienne, signe de localisation neurologique
	3- Oncologie : bilan initial et suivi
	4- Traumatisme
	5- Autre : infection, surveillance d'accident vasculaire hémorragique, malformation vasculaire

3) Analyse statistiques

Les variables qualitatives ont été décrites par leurs effectifs et pourcentages. La variable quantitative a été décrite par sa moyenne et médiane (âge).

A l'aide du logiciel SAS 9.3, une analyse utilisant le modèle de régression logistique multivarié a recherché le lien statistique entre la présence de la thyroïde et les variables explicatives : type d'examen, sexe, tranche d'âge. Il annihilaient les effets des variables pouvant s'expliquer mutuellement. Des Odds ratio (OR) pour les différentes variables explicatives ont donc été calculés avec intervalle de confiance 95% (IC 95%). Le seuil de significativité a été fixé pour $p \leq 0,05$.

Cette même analyse a été conduite pour rechercher des facteurs pouvant influencer la position des pôles supérieurs et inférieurs de la thyroïde par rapport aux corps vertébraux. En fonction de la distribution des données recueillies on a choisi la vertèbre cervicale médiane permettant de diviser en deux la population des enfants exposés, pour chaque pôle thyroïdien visualisé. Les médianes choisies étaient donc le disque intervertébral C5-C6 pour le pôle supérieur de la thyroïde, C7-T1 pour le pôle inférieur. Des Odds ratio estimaient les probabilités de situation des pôles thyroïdiens au-dessus ou dessous de ces limites en fonction de la tranche d'âge, le

sexe, la position des bras.

RÉSULTATS

1) Analyse descriptive

a/ Population de l'étude :

Parmi 951 TDM réalisées sur cette période, 494 examens de 429 patients ont été inclus, soit 214 TDM de filles et 280 TDM de garçons. L'âge médian était de 6,2 ans (de 1 jour à 15 ans et 3 mois), l'âge moyen de 6,7 ans. La répartition des types de TDM en fonction de la région anatomique est décrite dans la figure 1, en regroupant TDM étudiées limitant la région cervicale, et TDM situées à distance de cette zone.

On a exclu 127 patients, dont la description est visible sur la figure 2.

Les TDM réellement incluses par tranche d'âge et région anatomique sont rapportées dans la figure 3. La répartition des indications de ces examens est décrite dans le tableau 2.

Figure 1 : Répartition des TDM réalisées sur la période d'inclusion par région anatomique explorée (nombre absolu et % de l'ensemble des examens sélectionnés)

TDM cervicale : cou et rachis cervical.

TDM entourant la région cervicale: crâne, thorax, massif facial

TDM à distance de la région extra cervicale : rachis dorso-lombaire, abdomen-pelvis, membres

TD bassin, arthro-TDM, biopsie, autres

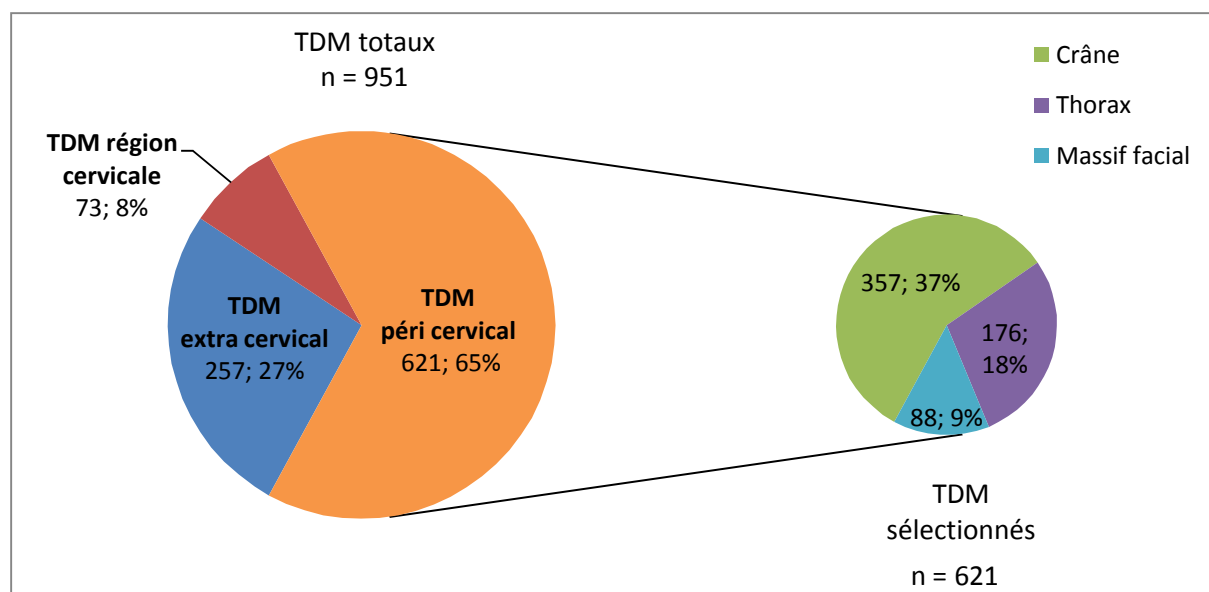


Figure 2 : Distribution des examens exclus

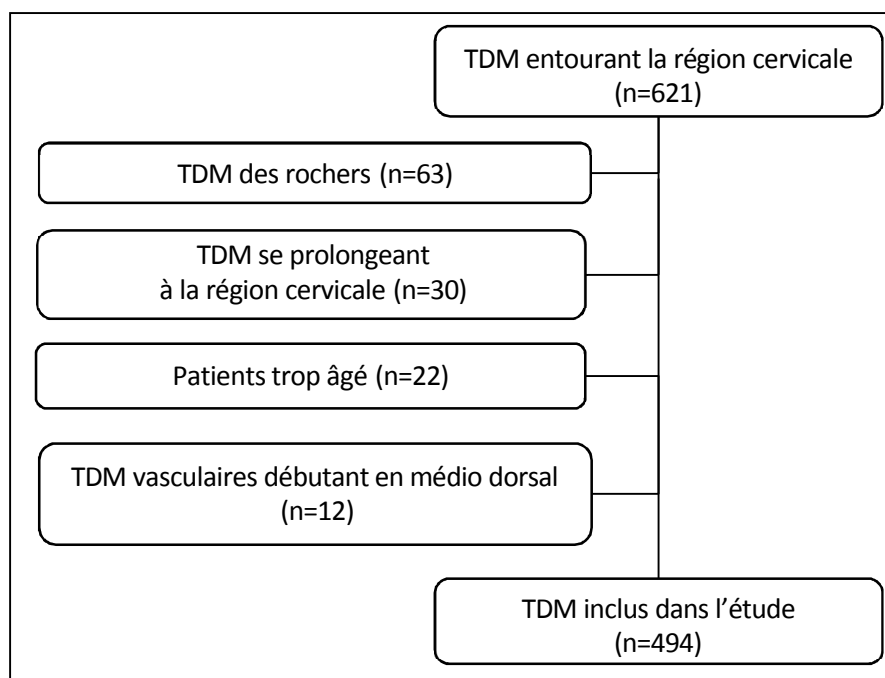


Figure 3 :

Répartition des TDM incluses par région anatomique explorée et tranche d'âge

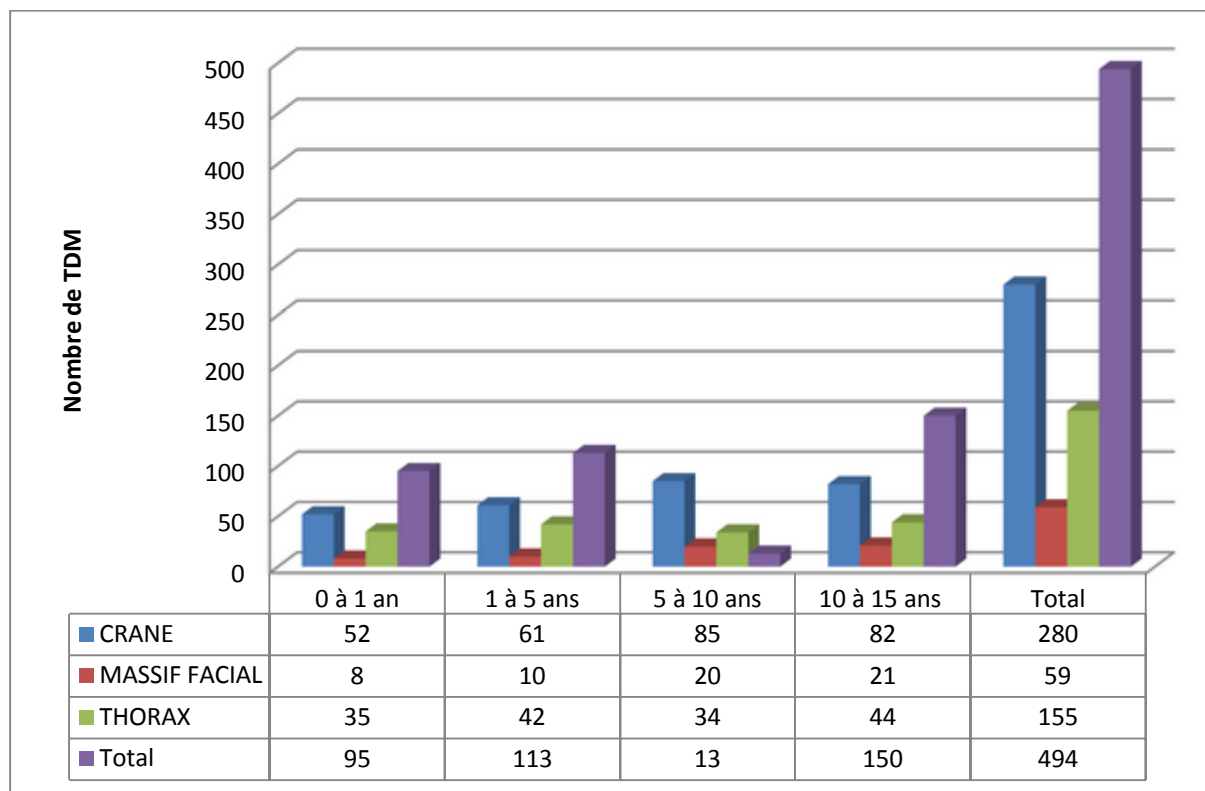


Tableau 2 : Répartition globale des TDM par indication :

Indications des TDM :		Nombre	Pourcentage
THORAX :		155	31,5%
	Vasculaire	41	8,4%
	Bronchique	37	7,5%
	Oncologique	28	5,6%
	Infection	23	4,7%
	Autres	23	4,7%
	Traumatisme	3	0,6%
MASSIF FACIAL		60	12,3%
	Infection	22	4,5%
	Traumatisme	7	1,4%
	Malformation	26	5,3%
	Autres	5	1,1%
CRANE		279	56,2%
	Neurologique	130	26,3%
	Malformation	41	8,2%
	Traumatisme	47	9,5%
	Oncologie	21	4,1%
	Autres	40	8,1%
TOTAL		494	100,00%

b/ Description de la variable principale: présence de la thyroïde dans le volume d'acquisition

Le nombre d'examen visualisant du parenchyme thyroïdien était de 183 sur 494 TDM, soit 37% de l'ensemble des examens. Les résultats pour chaque type d'examen sont représentés par le graphique 1. Leur distribution en fonction des indications est détaillée dans le tableau 2. Ces examens étaient dans 80,2% des cas des scanners thoraciques. Ils concernaient 94% des examens thoraciques, 40,7% de ceux du massif facial, 4,2% des crâniens. Sur 10,3 % de l'ensemble des scanners, la thyroïde était incluse en totalité, principalement sur les scanners thoraciques (46 cas sur 51). Ainsi, 29,6% des scanners thoraciques l'englobaient intégralement. Le caractère entier ou partiel de sa présence est représenté par tranche d'âge par le graphique 2, la répartition de l'exposition thyroïdienne en fonction des indications des examens dans le tableau 3.

Graphique 1: Distribution de la variable principale (présence de la thyroïde dans le volume d'acquisition) par région anatomique

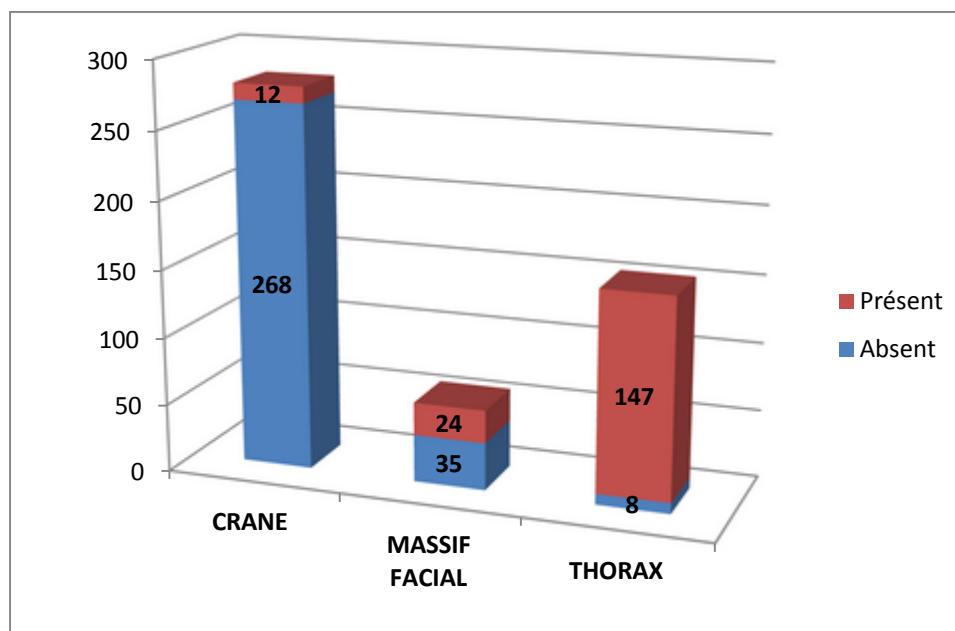
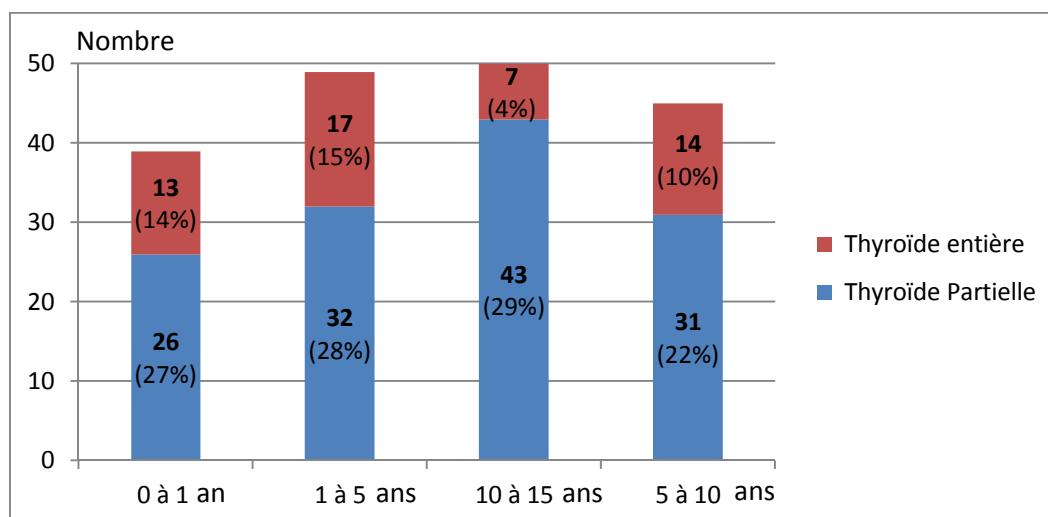


Tableau 3 : Répartition des thyroïdes incluses par indication des TDM:

Indications des TDM :		Nombre	Pourcentage
THORAX :		147	80,2%
<i>(dont thyroïde entière)</i>		46	25,1%
	Vasculaire	37	20,2%
	Bronchique	37	20,2%
	Oncologique	28	15,3%
	Infection	22	12,0%
	Autre	20	10,9%
	Traumatisme	3	1,6%
MASSIF FACIAL		24	13%
<i>(dont thyroïde entière)</i>		3	1,6%
	Infection	7	3,8%
	Traumatisme	3	1,6%
	Malformation	13	7,1%
	Autre	1	0,5%
CRANE		12	6,5%
<i>(dont thyroïde entière)</i>		2	1,1%
	Neurologique	1	0,5%
	Malformation	6	3,3%
	Traumatisme	2	1,1%
	Oncologie	0	0,0%
	Autre	3	1,6%
TOTAL		183	100,0%

Graphique 2 : Répartition des thyroïdes contenues partiellement ou entièrement dans le volume d'acquisition du TDM par tranche d'âge : leur nombre rapporté au nombre total de TDM dans la catégorie d'âge est indiqué entre parenthèses (%)



Au cours de l'étude, 16 enfants ont eu plusieurs fois la thyroïde comprise dans le champ d'acquisition, et pour 4 d'entre eux à 3 reprises. Trois enfants ont eu 2 fois la thyroïde acquise en totalité dans l'examen.

Parmi les 311 TDM ne contenant pas la thyroïde, on retrouvait 8 TDM thoraciques avec pour 4 d'entre elles l'indication « vasculaire », 3 indications « autres » (MAKP, détresse respiratoire, maladie membrane hyaline), et 1 « infection ». Pour le massif facial, on retrouvait 41,7 % d'indication « infection », 36,1% pour « malformation », 11,1% de « traumatisme » et 11,1% d'autres indications.

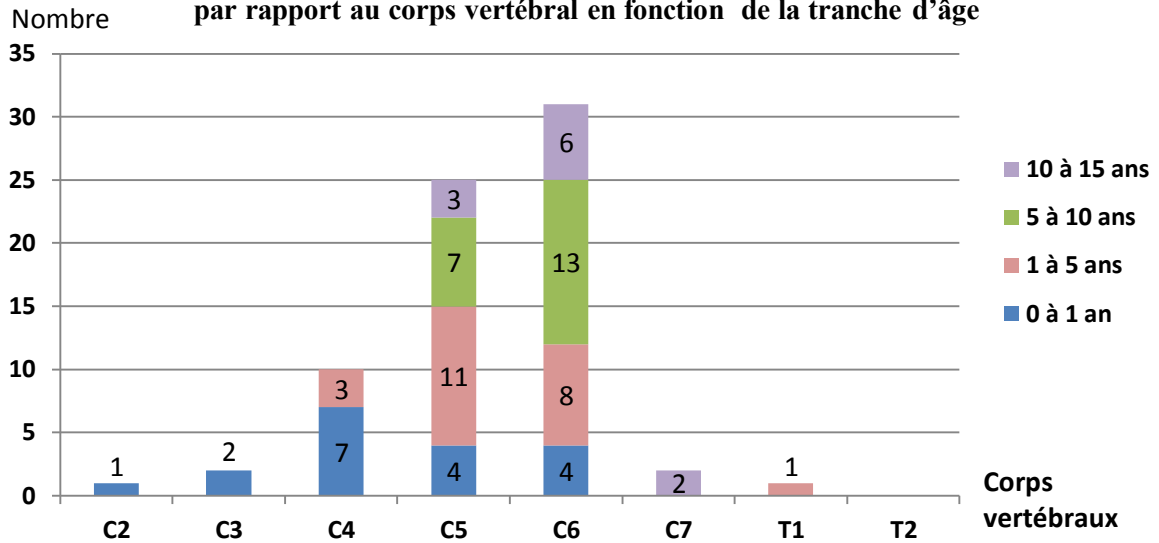
c/ Description des paramètres secondaires de l'étude :

Position de la thyroïde

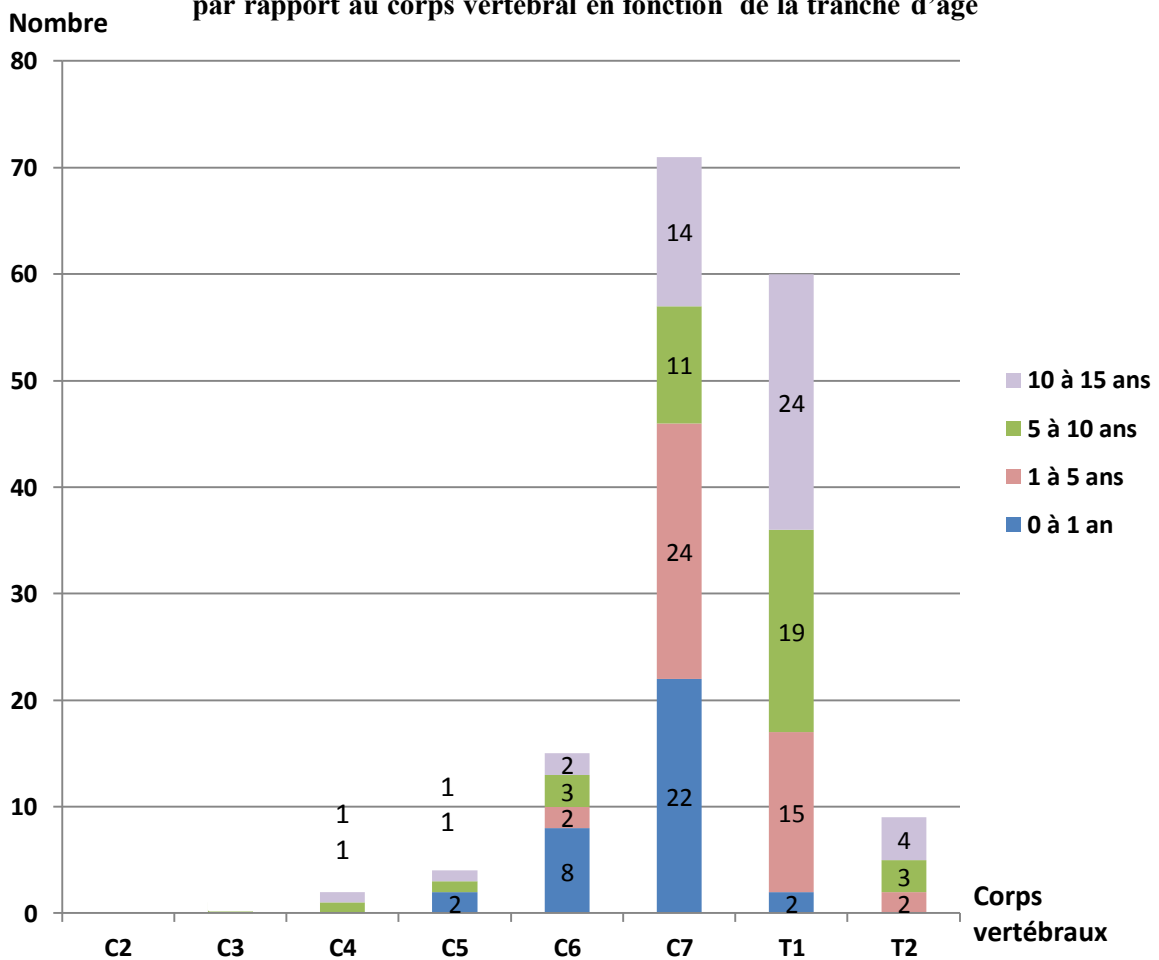
La situation du pôle supérieur de la thyroïde par rapport aux vertèbres était visualisée dans 72 cas, dans 162 cas pour le pôle inférieur.

Leur situation exacte en fonction des tranches d'âge est représentée dans les graphiques 3 et 4.

Graphique 3 : Répartition de la situation pôle supérieur de la thyroïde par rapport au corps vertébral en fonction de la tranche d'âge



Graphique 4 : Répartition de la situation du pôle inférieur de la thyroïde par rapport au corps vertébral en fonction de la tranche d'âge



Etude des vertèbres en limite du volume d'acquisition du TDM

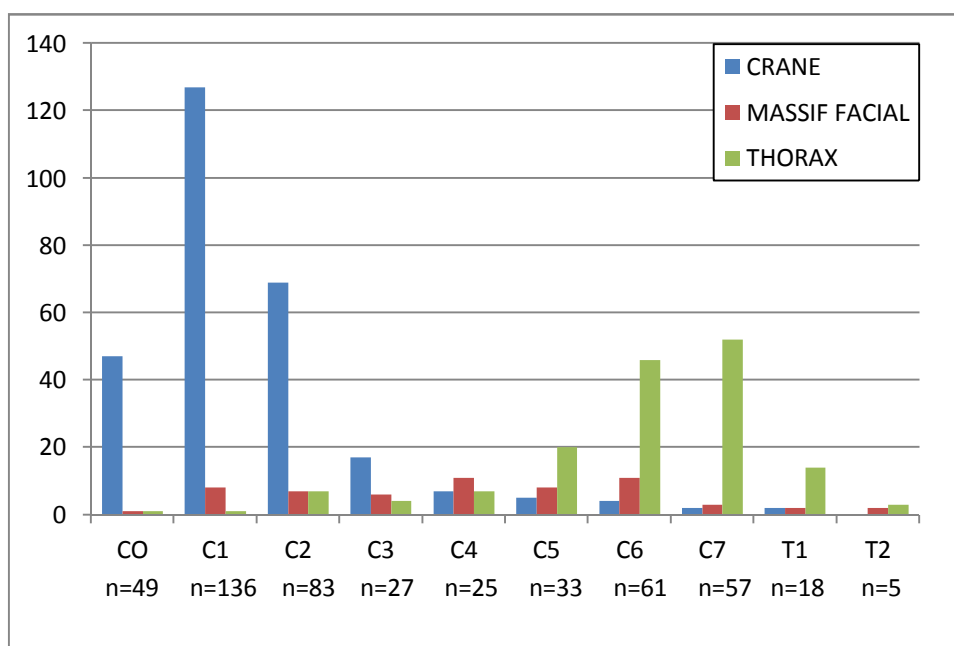
Le graphique 5 représente la distribution des vertèbres limitant l'acquisition autour de la région cervicale, par type d'examen.

Les TDM du thorax débutaient au-dessus de la vertèbre T1 dans 89 % des cas et pour ceux-ci l'indication principale était la pathologie bronchique (22% des TDM). Les premières coupes se situaient le plus souvent en regard de C7 (36% des cas) et C6 (29% des cas). Les indications des TDM étendues au-dessus de ces vertèbres étaient les catégories « vasculaire» et «oncologique».

Les scanners du crâne se terminaient principalement à hauteur de C1 (45%), et 38% en dessous de cette vertèbre, avec pour indication principale les pathologies neurologiques (11,4% des indications).

Les 2 vertèbres les plus fréquentes limitant en distalité les examens du massif facial étaient C4 et C6 (18,6% des TDM pour chacune). L'indication principale était l'analyse des malformations faciales (20%).

Graphique 5: Distribution des vertèbres en limite d'acquisition autour de la région cervicale par région anatomique



Position des bras:

85,2 % des TDM thoraciques avaient les bras levés. 3 TDM du crâne et 2 du massif facial avaient les bras levés.

Apex pulmonaires :

8 TDM thoraciques sur 155 ne comportaient pas l'intégralité des apex pulmonaires. Il s'agissait de 6 TDM pour indication vasculaire, et 2 pour pathologie bronchique.

2) Analyse descriptive

L'analyse multivariée montrait que la région anatomique explorée était significativement associée à la présence de la thyroïde dans le champ d'exploration. En effet, il existait 154 fois plus de risque d'exposer la thyroïde lors d'un scanner thoracique que crânien. Il n'existait pas de différence significative pour les variables du sexe ou la tranche d'âge du patient (tableau 4).

Tableau 4 : analyse multivariée des variables explicatives de la présence de la thyroïde dans le volume d'acquisition du scanner.

n=494			
variables	OR	IC95	p-value
Sexe			0,17
F	1		
H	1,63	[0,80 - 3,33]	
Age			0,51
0_1	1		
1_5	1,37	[0,45 - 4,11]	
5_10	1,13	[0,40 - 3,21]	
10_15	0,67	[0,24 - 1,90]	
Région anatomique			<0,0001
Crane	1		
Thorax	462,07	[179,09 - 36,88]	
Facial	16,65	[7,52 - >999]	

Au sujet de la position de la thyroïde, l'âge était significativement associé à la position par rapport aux corps vertébraux du pôle supérieur et inférieur de la thyroïde. Les résultats sont rapportés dans les tableaux 5 et 6. Dans les deux situations il existait une probabilité croissante avec l'âge que la thyroïde se situe sous le disque intervertébral C6/C7 pour le pôle supérieur et C7/T1 pour le pôle inférieur. Ainsi, par rapport à la tranche d'âge prise pour

référence 0-1 an, il existait 10 fois plus de chance entre 10 et 15 ans que le pôle supérieur soit sous le disque C6/C7 et 23 fois plus de chance que la thyroïde soit sous le disque C7/T1 pour le pôle supérieur.

La position des bras levés était liée statistiquement à une probabilité 4 fois plus grande d'avoir le pôle inférieur de la thyroïde situé sous T1.

Il n'existait pas de différence significative par rapport au sexe des patients.

Tableau 5 : Probabilité que le pôle inférieur de la thyroïde soit au niveau ou au-dessous de T1 selon le modèle multivarié

n=162			
variables	OR	IC95	p-value
Sexe			0,93
F	1		
H	0,96	[0,46 - 2,01]	
Tranche d'âge			0,0002
0_1	1		
1_5	8,67	[1,81 - 41,59]	
5_10	22,70	[4,59 - 112,33]	
10_15	23,83	[4,969 - 114,34]	
Position des bras			0,0088
Bas	1		
Haut	4,06	[1,424 - 11,58]	

Tableau 6 : Probabilité que le pôle supérieur de la thyroïde soit au-dessous de C6 selon le modèle multivarié

n=72			
variables	OR	IC95	p-value
Sexe			0,57
F	1		
H	0,72	[0,23 - 2,21]	
Tranche d'âge			0,0199
0_1	1		
1_5	1,90	[0,45 - 7,94]	
5_10	7,24	[1,50 - 34,84]	
10_15	10,04	[1,64 - 61,38]	
Position des bras			0,78
Bas	1		
Haut	1,16	[0,41 - 3,28]	

DISCUSSION

1) Résultats principaux et confrontation aux données connues :

Notre étude montre que la thyroïde est incluse au moins partiellement dans le volume d'acquisition de 37% des scanners des régions anatomiques entourant la région cervicale (thorax, crâne et massif facial). Ces résultats sont préoccupants puisque la glande est en totalité intégrée dans le volume dans 10% des cas. L'âge et le sexe n'étaient pas liés statistiquement à l'inclusion de la thyroïde dans le volume acquis. Ce constat modifie la perception de l'irradiation directe de cet organe cervical secondaire à l'activité médicale diagnostique, puisqu'il est concerné également par l'exploration de régions contiguës.

Le scanner thoracique est l'imagerie prépondérante : 94 % des scanners thoraciques contiennent au moins partiellement la thyroïde. Les TDM du crâne de notre centre ne l'atteignent quasiment jamais. Comme dans les données épidémiologiques [3, 21], ces derniers constituent la majorité des TDM de l'enfant.

Nos recherches bibliographiques n'ont pas retrouvé de connaissances préexistantes spécifiques de notre sujet pour permettre une comparaison.

L'étude la plus proche de la nôtre s'intéressait au chevauchement involontaire d'hélices cervicales et thoraciques, responsable de double irradiation de la thyroïde dans le cadre du bilan de 41 adultes traumatisés [31]. Pour les auteurs, le balayage de la thyroïde par le faisceau du scanner thoracique semble inévitable, pour permettre une visualisation des apex pulmonaires.

A propos de nos objectifs secondaires, nous constatons que la thyroïde est généralement située entre C5 et T1, comme décrit chez l'adulte [32, 33]. Dans notre étude, la thyroïde n'est quasiment jamais présente au-dessus de C4 (sauf pour 3 les enfants de moins de 1 an) et jamais au-dessous de T2. Peu de données de la littérature précisent la position de la thyroïde aux âges pédiatriques, son étude étant principalement échographique [34]. L'originalité de notre travail est d'objectiver que la thyroïde évolue vers la distalité par rapport au rachis cervical au cours de la croissance de l'enfant. Cette observation est cohérente avec les connaissances tirées d'études sur la croissance vertébrale cervicale qui ont observé que celle-ci diminue des vertèbres supérieures vers les inférieures. Deux périodes de croissance sont décrites, entre 1 et 5 ans, puis 11 et 14 ans [35].

La large distribution des résultats concernant la situation de la thyroïde peut en partie s'expliquer par son anatomie. Chez l'embryon, la thyroïde se développe à partir du plancher de l'ébauche du pharynx, puis s'enfonce dans le plancher buccal pour gagner son siège définitif, en laissant derrière elle le canal thyroéoglosse qui s'oblitére (cf annexe 1). Elle est normalement située en superficie de la partie antéro-inférieure du cou, dans la région sous hyoïdienne, ses deux lobes (droit et gauche) situés en avant de part et d'autre de la jonction du larynx avec la trachée, son isthme sous le cartilage cricoïde [36]. Sa situation habituelle est à l'interface entre cou et cage thoracique, variable entre individus [23], souvent décrite par rapport aux 2ème et 3ème anneaux trachéaux. Elle reste un organe mobile, maintenue par sa capsule fibreuse et surtout par des adhérences à la trachée et à la gaine carotidienne [37] (cf annexe 2). Cette mobilité dans sa loge cellulo-graisseuse peut expliquer en partie la variation de sa position dans notre étude. L'abaissement significatif du pôle inférieur en dessous du corps vertébral de T1 en position bras levés semble incohérent compte tenu de sa mobilité qui suggérerait une ascension dans cette position. Ce calcul statistique s'explique probablement par le faible nombre de TDM bras baissé donc du crâne ou massif facial, avec la visualisation du pôle inférieur de la thyroïde. Il en résulte une faible représentativité.

Il n'existe pas de recommandation internationale de protocole TDM précisant les coupes limites des régions anatomiques que nous avons étudiées. Dans son guide des procédures la Société Française de Radiologie (SFR) recommande chez l'enfant de terminer l'acquisition crânienne à C1 et de débiter l'acquisition thoracique aux apex [30] (cf annexe 3). La Société française d'imagerie pédiatrique (SFIP) recommande de débiter l'acquisition thoracique à la première côte [38]. La pratique nord-américaine se rapporte également à la limite des apex pulmonaires [31]. Il n'existe pas de recommandation précise concernant le massif facial, en dehors de la suspicion d'ethmoïdite nécessitant de visualiser le rebord maxillaire inférieur (racines dentaires) [30].

Nos pratiques ont respecté en majorité cette consigne à l'étage crânien, mais encore plus d'un tiers de l'examen de cette région se poursuit plus distalement à l'étage cervical. Après analyse des indications, cet élément n'est pas lié à une plus grande part de scanners de traumatologie qui justifierait un examen des deux premières vertèbres cervicales, fréquemment le siège de luxation chez l'enfant. Concernant le massif facial, les limites d'exploration avaient une distribution large de C1 à C6. Nos examens thoraciques répondaient dans l'ensemble au critère de la SFR quant à la visualisation des apex, et nous débutions majoritairement nos scanners thoraciques en C6-C7. Ils contenaient tous les apex pulmonaires, mais pour obtenir ce critère de qualité, 25,8% des scanners débutaient avant C6.

D'un point de vue général, il existe ainsi une certaine marge pour l'amélioration de nos pratiques puisque 85 examens (soit 17%) se poursuivaient en région cervicale avec une limite d'acquisition située entre C3 et C4.

2) Forces et faiblesses de l'étude :

La population de l'étude est assez inhomogène : on constate un écart de 50 du nombre d'examens entre les deux extrêmes de tranche d'âge. Il existe peu d'examen du massif facial en comparaison de la quantité de scanners du crâne (rapport de 1:5 environ). Néanmoins nos résultats reflètent la réalité épidémiologique de l'activité TDM en radiopédiatrie. En effet, nous avons préféré inclure l'ensemble des scanners réalisés sur une période de temps afin de se rapprocher de la fréquence réelle d'inclusion dans notre pratique habituelle plutôt que d'évaluer cette fréquence par catégorie (crâne, massif facial, thorax). Par ailleurs, nous devons d'autant plus être en éveil qu'une forte fréquence d'exposition thyroïdienne (41 %) correspond à la faible activité représentée par les scanners du massif facial.

Nous n'avons éprouvé aucune difficulté à la lecture des TDM non injectés que nous avons conservés dans l'étude. En effet, le fort contenu en iode utilisé à la synthèse d'hormones rend la glande thyroïdienne spontanément hyperdense et facilement détectable. Il était cependant parfois difficile de convenir de la situation des pôles inférieurs, fréquemment situés à hauteur du disque inter vertébral C7-T1.

Dans notre étude nous avons utilisé un plan horizontal pour définir la hauteur des pôles de la thyroïde, afin de reproduire celui du manipulateur en radiologie lors du choix de sa première ou dernière coupe sur le topogramme.

Peu de variables explicatives ont été recueillies, du fait d'une absence de donnée de la littérature sur ce sujet. Nous n'avons pu corrélérer la situation à la taille de l'enfant et donc à la croissance du fait de nombreuses valeurs manquantes. Nous n'avons pas étudié la fréquence d'injection intra veineuse de produit de contraste iodé. Pourtant la probabilité de son rôle dans l'augmentation du risque d'oncogenèse de la thyroïde est fréquemment citée. L'origine du phénomène est l'augmentation transitoire de la concentration d'atomes d'iode captés par la glande lors du passage du produit de contraste. Le numéro atomique élevé de l'iode augmenterait le blocage des photons, entraînant un transfert linéaire d'énergie important. Cette élévation du dépôt d'énergie endommagerait l'ADN, conduisant à des mutations intra cellulaires [10, 31]. Nous ne nous sommes pas intéressés à l'association de la position des bras avec la variable principale. Elle questionne plus particulièrement les scanners

thoraciques, où l'on demande spécifiquement de lever les bras. Le nombre de patient avec les bras baissés était trop faible parmi les scanners du thorax.

L'analyse statistique de la présence de la thyroïde en fonction de l'indication de l'examen n'était pas réalisable du fait d'un trop grand nombre d'indications différentes.

Il aurait été intéressant de mesurer la distance sur l'axe z du scanner entre le début de l'acquisition thoracique et la première coupe parenchymateuse pulmonaire, afin de quantifier le degré d'amélioration, possible puis de la mesurer à nouveau après rappel des bonnes pratiques de réalisation des TDM pédiatriques à l'étage thoracique.

3) Exposition de la thyroïde et risque radique :

Brenner et al. ont établi l'évidence que les enfants et jeunes adultes avaient un plus grand risque de malignité radio-induite par unité de dose que les adultes [39]. L'évaluation du risque de cancer potentiellement induit par les TDM pédiatriques est fondée sur des estimations obtenues dans des contextes d'exposition aux rayonnements ionisants de différentes origines, certaines non médicales. Il faut garder à l'esprit que ce calcul de risque reste purement mathématique, obtenu par des modélisations sur la base d'une irradiation globale et d'une radiosensibilité supposée des organes critiques, à partir d'indices de risques établis notamment grâce à des données sur les rescapés des bombes atomiques et accidents nucléaires [2,24]. Ces indices tissulaires de radiosensibilité sont mis à jour par les publications périodiques de différentes commissions internationales (CIPR, comité BEIR, UNSCEAR).

Cependant des études récentes confirment ce risque. Une cohorte rétrospective d'enfants ayant bénéficié d'un examen TDM a montré qu'une dose cumulée de 50 mGy appliquée au cerveau faisait tripler le risque de leucémie et une dose de 60 mGy, celui de cancer cérébral [40]. En France à partir des mesures dosimétriques de l'étude « cohorte scanner » il a été montré que chaque examen pourrait être associé à un excès de risque de tumeur du système nerveux central, de cancer du sein, de la thyroïde et de leucémie entre 0,001/00 et 5/00.

Plusieurs études ont porté spécifiquement sur le risque à l'organe thyroïdien. Le suivi d'enfants après radiothérapie confirme une augmentation du risque relatif de cancer, même à faible dose (9cGy), principalement chez les jeunes enfants de moins de 5 ans, avec une relation dose réponse linéaire [10]. La cohorte « Enfant Scanner » montrait que le risque de cancer de la thyroïde en excès, cumulé à la vie entière, associé à 100 000 examens TDM variait de 5 à 251. Les TDM en région cervicale étaient les plus exposants. Ce risque était

considéré jusqu'à 7 fois supérieur pour des patients âgés de 1 an par rapport à des enfants de 10 ans. Comme chez l'adulte, cet excès de risque de cancer de la thyroïde était très inégal entre les sexes, en moyenne 6 à 7 fois supérieurs chez les filles par rapport aux garçons [3]. Notre étude n'a pas montré de différences d'inclusion de la thyroïde ou de sa situation en fonction du sexe.

L'excès de risque de cancer de la thyroïde induit par les TDM de la tête et du cou a déjà été évalué. A l'étage cervical, Une étude très récente sur 75 scanners calculait une élévation du risque d'incidence du cancer de la thyroïde variant de 0,2% dans la population infantile féminine à 0,01% chez l'adolescent masculin. Il n'existait pas d'association entre dose et âge, mais une corrélation inverse entre âge et risque de cancer de la thyroïde [24]. Ces données pourraient illustrer le risque encouru pour les scanners thoraciques irradiant en totalité la glande, comme à l'étage cervical.

A l'étage encéphalique, Brenner avait rapporté que la thyroïde contribuait à hauteur de 10% des cancers induits par l'utilisation du scanner crânien, dominé par les tumeurs cérébrales [20]. Dans une autre étude employant un modèle de simulation de Monte Carlo et des mesures dosimétriques sur fantômes anthropomorphiques d'enfants, la dose des scanners cérébraux diffusée à la thyroïde variait de 0,6 à 8,7 mGy. Elle diminuait inversement à l'âge de l'enfant. Cette exposition thyroïdienne était associée à un risque cancer induit de 4 à 65 par millions de patients pour le scanner cérébral. Ce risque augmentait à 114-390 par millions si la thyroïde était présente dans le volume d'images acquises. L'écart moyen entre calculs issus de la simulation de Monte Carlo et valeurs dosimétriques contrôle était de 11,8% [25].

A l'étage thoracique, dans une étude récente s'intéressant à la dose et au risque de cancer induit spécifiquement par les scanners thoraciques, la thyroïde était prise en compte en tant qu'organe individuel, en utilisant un facteur de pondération tissulaire pour un calcul global. Néanmoins cette étude n'incluait que 30 enfants. La dose était une approximation de celle des organes de voisinage, car non modélisée [41]. En France, Journy et al. évaluaient entre 3 et 25 mGy la dose à l'organe thyroïdien lors de scanners thoraciques, pour une médiane à 7-8 mGy. Les auteurs calculaient que ce type d'examens occasionneraient en moyenne 21 à 42 cas en excès de cancer de la thyroïde (respectivement pour des garçons et des filles) pour 1000 cas « spontanés » survenant au cours de la vie entière [3].

L'étude de la dose à la thyroïde en dehors des images acquises est déjà bien développée. L'acquisition TDM hélicoïdale requiert des algorithmes de reconstruction qui ont besoin d'acquérir des données en dehors des limites du volume d'image choisi. Ainsi des zones additionnelles de tissus sont exposées aux rayons X du faisceau. Il s'agit du phénomène

d' « overscanning » influencé par les paramètres d'acquisition (collimation, pitch, épaisseur des coupes) [28,27]. Ces espaces supplémentaires irradiés atteignaient pour les TDM de fantôme du crâne et du cou d'enfants respectivement 16 et 10 mm [25].

Une mesure simple d'atténuation de la dose à l'organe thyroïdien a été évaluée: l'utilisation de caches en bismuth. Elle est évoquée par l'American College of Radiology (ACR) ainsi que la SFIP pour protéger cet organe radiosensible du fait de sa situation superficielle, particulièrement chez le jeune enfant présentant peu de graisse sous cutanée. Ces sociétés rappellent que son utilisation lors de réalisation de TDM thoraciques demeure controversée, même si ils affirment que cette action peut réduire la dose aux organes antérieurs superficiels tels que la thyroïde. Son inconvénient majeur reste la création d'artéfacts de surface et une augmentation du bruit de l'image, qui limite la possibilité de mesure de densité. Cela affecte principalement l'organe protégé, mais qui n'est pas l'objet de l'exploration. Cette protection doit être surélevée de la paroi thoracique antérieure, bien à plat [42]. La dose absorbée diminue de 42 à 47 % environ [43,44].

Actuellement les nouvelles technologies TDM permettant de réduire la dose doivent être mises en avant. Il est déjà démontré qu'un protocole low dose de TDM du rachis cervical (14 contre 26 mGy) permettait de diminuer l'excès de risque lié au cancer de la thyroïde de 50% [45]. La modulation automatique d'exposition (AEC) est disponible pour la majorité des scanners multi-détecteurs. A l'étage thoracique, cette fonction a déjà prouvé une différence de plus de 30% de la dose à l'organe thyroïdien sur les scanners de fantômes représentant un enfant de 7 ans [46]. Cette méthode produit significativement moins de bruit sur l'image que les protections en bismuth [44]. Cette fonction peut réduire la dose à la thyroïde de 47 à 78% par rapport à un tube fixe lors de mesures de dosimétrie sur patient dans la littérature [47]. La technique de reconstruction itérative quant à elle a montré une diminution de 39% de la dose des scanners thoraciques pédiatriques [48].

La combinaison d' AEC et de cache thyroïde en bismuth apparaît renforcer la réduction de dose [44, 49, 50]. Lors d'étude sur fantômes, la réduction de dose à la thyroïde grâce au cache thyroïde, la modulation de dose et la combinaison des deux progressait respectivement de 42% à 78% puis 85% [44]. Il a été prouvé qu'il n'existait pas de dégradation subjective de l'image en associant, sur des TDM cervicales, cette protection et l'AEC ou la nouvelle technique de modulation de dose par organe [49]. L'ACR ne recommande pas cette association dans l'état actuel des connaissances (risque de surdosage local si les caches sont en place lors de l'acquisition du topogramme). Il argumente que

d'autres techniques peuvent fournir le même niveau de réduction de la dose antérieure à qualité d'image équivalente ou supérieure [42].

4) Impact de notre étude : reconsidérer l'évaluation de l'irradiation de la thyroïde et améliorer nos pratiques

Le but actuel du radiologue est d'obtenir l'information diagnostique d'un examen pour le plus haut rapport signal sur bruit. L'équilibre doit être atteint en évitant l'écueil principal qui annule tout effort de radioprotection : devoir recommencer le scanner et alors doubler la dose pour une même exploration.

En reliant l'augmentation de l'incidence du cancer de la thyroïde à l'augmentation de l'activité TDM, les principes ALARA devraient s'appliquer aux protocoles qui incluent la thyroïde dans le champ d'irradiation [31]. Nous devons demeurer vigilants face à la « CT révolution » [10]. Les progrès technologiques permettent une grande rapidité d'acquisition des TDM, réduisant la nécessité de sédation chez l'enfant [25], et ont rendu son usage plus fréquent dans les populations pédiatriques. Cela ne doit pas nous pousser à sélectionner un plus grand nombre de coupes par région anatomique explorée. Comme nous l'avons souligné plus haut, la décision d'injecter des produits de contraste iodés lors de TDM relatives à la région thyroïdienne doit également être justifiée [8].

Notre étude révèle la nécessité de s'intéresser plus particulièrement aux acquisitions thoraciques. La position fréquente du pôle inférieur de la thyroïde en regard de C7- T1, combinée au début de nos hélices thoraciques principalement en C6-C7 explique le fort taux de sa présence sur cette catégorie d'examen. L'inclusion peut donc être liée aux nécessités de l'exploration mais on constate qu'elle reste injustifiée pour le quart des examens qui débutent avant C6. Nous rappelons donc ici la nécessité de raser les apex pulmonaires aériques sur le topogramme et d'éviter de choisir la première vertèbre thoracique pour débiter les scanners thoraciques dont le but est l'examen parenchymateux (suivi de nodules pulmonaires en oncologie, de pathologie bronchique, d'infection parenchymateuse). L'ACR rappelle dans ses protocoles que les scanners diagnostiques thoraciques de l'enfant ne requièrent pas forcément l'acquisition de l'ensemble de la cage thoracique. Elle affirme que dans certaines situations cliniques seul un échantillonnage du parenchyme pulmonaire est nécessaire pour répondre à une question spécifique (exemple : recherche de bronchiectasies diffuses ou d'une pathologie interstitielle pulmonaire) : elle conseille un nombre limité de coupes fines (1,25 mm) non contiguës, et d'augmenter l'intervalle entre les coupes avec la taille de l'enfant [42].

Les champs d'exploration trop étendus pourraient être le résultat d'un défaut de communication et d'orientation entre le radiologue qui analyse l'indication et le manipulateur en radiologie à qui revient le choix des niveaux de début et fin d'examen. Cette tâche reste difficile sur un topogramme rendu imprécis par le choix volontaire de paramètres d'acquisition peu irradiants pour l'enfant, comme montré par l'image 1.

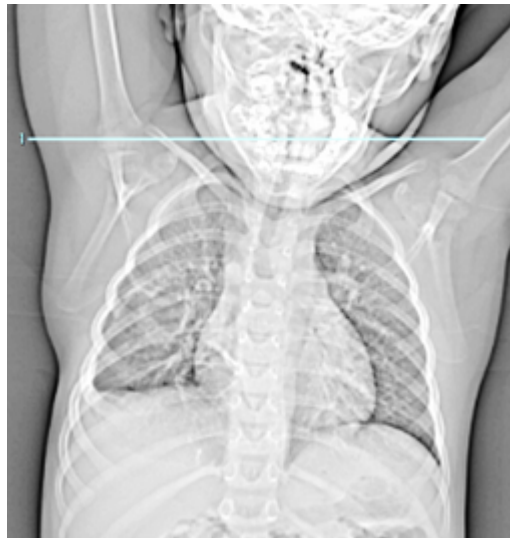


Image 1 : Topogramme thoracique, de face, la visualisation des apex et le plateau supérieur de T1 restent difficiles à visualiser. Le trait bleu correspond à au choix de la première coupe du manipulateur.

Le rôle du manipulateur dans le volume d'acquisition final intervient dès le positionnement de l'enfant. Lors de mesures sur fantôme, des auteurs ont démontré qu'un mauvais positionnement par rapport au centre de l'anneau du scanner augmente la dose à la thyroïde de 24 % en cas de position basse [51].

L'hyperflexion de la tête a été évoquée comme responsable d'une augmentation de la longueur des explorations TDM encéphalique selon l'axe z, et donc de l'irradiation des scanners chez l'enfant. Un protocole utilisant une extension exagérée par la mise en place d'un coussin sous les épaules de l'enfant diminuait la longueur du volume acquis selon l'axe z de 16% et la dose effective de 18%. Les auteurs rappelaient la nécessité d'exclure le cou des explorations cranio-faciales. Ils constataient que la thyroïde n'était plus visualisée dans le volume acquis avec ce protocole [49]. Nous n'avons pas mesuré la flexion cervicale lors de notre recueil mais cela reste sans conséquence devant la globale absence de la thyroïde sur les examens cérébraux, elle pourrait toutefois concerner les scanner du massif facial.

La SFR recommande déjà que la tête de l'enfant soit défléchie, le rayon centreur passant par le tragus et le rebord orbitaire inférieur (plan orbito-méatal) [30]. Cette donnée s'appliquerait plutôt aux explorations du massif facial.

La lordose cervicale diminue jusqu'à 9 ans puis réaugmente, dépendant principalement des segments proximaux et de la jonction occipito-cervicale (angle de Mac Gregor C0-C2) [52]. Cette donnée peut entraîner une plus grande difficulté à la mise en hyper flexion du rachis aux jeunes âges.

6) Perspectives :

Des efforts de radioprotection concernant les TDM à l'étage cervical ont déjà apporté un bénéfice dosimétrique, quantifié dans l'étude « Enfant scanner » qui objectivait une réduction des doses médianes à la thyroïde respectivement de 30% et 40% pour les patients de 1 et 10 ans, pour les protocoles de rachis cervicaux [3].

Ces évolutions encourageantes reposent pour une grande part, sur les progrès techniques (déjà évoqués) des constructeurs de scanners, mais le facteur humain reste central. Une étude récente autrichienne a prouvé l'efficacité des mesures de radioprotection en diminuant de 15 à 2% le nombre de scanners dépassant les niveaux de référence diagnostique (NRD) avant et après renforcement de la formation des équipes médicales (radiologues et manipulateurs) [53].

D'autres auteurs ont démontré l'intérêt de cette éducation par la réduction significative du PDL des scanners crâniens de l'enfant, sans conséquence sur la qualité de l'image [54].

L'inclusion de la thyroïde dans le champ d'exploration répond souvent aux nécessités de l'étude de la région anatomique explorée, mais son atteinte peut être minimisée par l'application de mesures concrètes tirées de la littérature et de notre étude. Celles-ci pourraient reposer sur les techniques de positionnement de l'enfant et la sélection du volume d'acquisition.

La connaissance de la progression distale de la glande avec l'âge de l'enfant montrée par notre étude peut renforcer la vigilance sur la limite d'acquisition chez le petit enfant, en particulier de moins de 1 an, population la plus vulnérable au risque radique et dont la thyroïde atteint C3. Les filles pourraient faire l'objet d'une attention renforcée devant l'importante asymétrie de risque entre les 2 sexes.

A l'étage encéphalique proximal, le disque C3-C4 correspond à une limite à ne pas franchir, il faut s'obstiner à y associer une déflexion du rachis cervical (image 2 a et b). La région explorée doit rester bien centrée dans l'anneau.

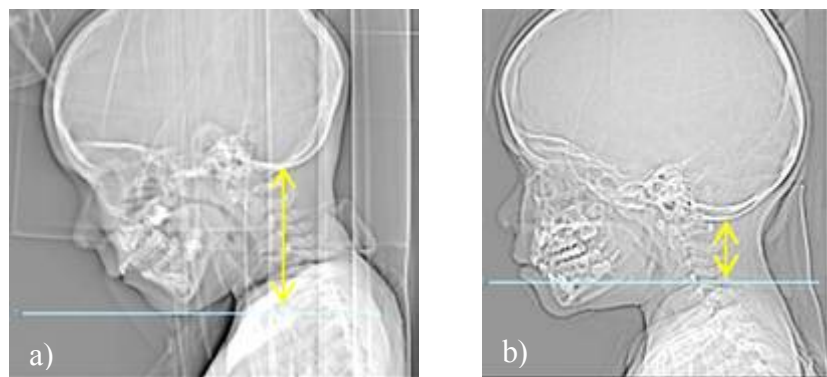


Image 2 : Diminution du champ d'exploration lors de la déflexion du rachis cervical (hyperflexion en a, déflexion en b) lors d'une étude du massif facial. Le trait bleu correspond à la 1ère coupe de l'acquisition.

A l'étage thoracique, l'analyse détaillée de la question clinique posée peut permettre de renoncer à visualiser la totalité des apex pulmonaires, dans les cas de pathologies bronchiques, ou interstitielles. Le choix d'un topogramme de profil pour les autres indications pourrait permettre d'être plus précis sur le début d'examen au plateau supérieur de T1.

Nous n'utilisons pas de cache thyroïde pour deux raisons : nous essayons d'exclure la thyroïde de la zone d'acquisition, de la pénombre radiologique et de l'irradiation diffusée (cf annexe 4) par un choix soigneux du début d'acquisition, et nous préférons choisir une faible majoration de la dose plutôt que de subir des artéfacts qui peuvent nous conduire à réaliser à nouveau la TDM. Cette étude révèle que nous ne respectons pas notre premier argument et la littérature nous incite à réévaluer l'utilité du cache-thyroïde en bismuth, en association avec les nouvelles technologies de diminution de dose.

Les données actuelles concernant le risque thyroïdien à l'étage thoracique reposent essentiellement sur des probabilités, calculées à partir de simulations ou d'études sur fantôme. La nécessité d'une corrélation avec l'incidence réelle des cancers dans les populations exposées s'impose. Fin 2016, avec un suivi de 10 ans, la cohorte « Enfant Scanner » permettra de fournir des estimations de risques plus robustes (au-delà des délais de latence des cancers), et pourrait apporter des réponses plus spécifiques sur le risque de cancer thyroïdien attribuable à la TDM [3].

CONCLUSION

L'inquiétante évolution épidémiologique du cancer d'un organe aussi radiosensible que la thyroïde doit nous rappeler de rester vigilant quotidiennement dans la réalisation de nos scanners, depuis l'analyse de l'indication, jusqu'au départ de l'hélice.

Cette étude met en évidence la fréquente inclusion (totale mais surtout partielle) de la thyroïde dans le volume d'acquisition de scanners non cervicaux (37% des TDM « péri-cervicaux »), principalement à l'étage thoracique (94% de ces TDM). Elle modifie notre perception de la part d'irradiation primaire de la thyroïde imputable à ce scanner et nous fait reconsidérer l'estimation du risque de cancer radio-induit de la thyroïde par l'activité médicale diagnostique. Des études à grande échelle du risque qui peut être attribué au scanner thoracique sont nécessaires.

Ces résultats doivent nous inciter à modifier nos pratiques par des mesures simples afin d'accroître la radioprotection de cet organe. D'autre part, il faut discuter la rédaction de protocoles consensuels plus détaillés guidant la pratique de l'imagerie TDM, adaptés à l'âge de l'enfant et aux questions cliniques.

BIBLIOGRAPHIE

1. Masson F, Dangin X, Baudin P. Tomodensitométrie : principes, formation de l'image. EMC radiologie et imagerie médicale. Principes et technique-radioprotection 2011; 35-070-A-10. Disponible sur: www.em-premium.com
2. H Brisse - scanner, dosimétrie et optimisation chez l'enfant [Internet]. [Consulté le 18 Août 2015]. Disponible sur : <http://www.sfpradiopediatrie.org/SFIPoldpages/EPUTRO02/BR2TRO02.HTM>
3. Journy N. Analyse de la relation entre l'exposition aux rayonnements ionisants lors d'examens de scanographie et la survenue de pathologie tumorale au sein de la cohorte « Enfant Scanner ». 237 p. Thèse de doctorat : Santé Publique : Paris Descartes : 2014.
4. Kilfoy BA, Zheng T, Holford TR, et al. International patterns and trends in thyroid cancer incidence, 1973-2002. *Cancer Causes Control CCC*. 2009 Jul; 20(5):525–31.
5. Vergamini LB, Frazier AL, Abrantes FL, et al. Increase in the incidence of differentiated thyroid carcinoma in children, adolescents, and young adults: a population-based study. *J Pediatr*. 2014 Jun;164(6):1481–5.
6. Les données - Institut National Du cancer [Internet]. [Consulté le 8 Août 2015]. Disponible sur <http://lesdonnees.e-cancer.fr/les-fiches-de-synthese/29-incidence-mortalite/38-ensemble-des-cancers/22-incidence-mortalite-france-cancers.html>
7. Leenhardt L, Grosclaude P, Chérié-Challine L, Thyroid Cancer Committee. Increased incidence of thyroid carcinoma in france: a true epidemic or thyroid nodule management effects? Report from the French Thyroid Cancer Committee. *Thyroid Off J Am Thyroid Assoc*. 2004 Dec;14(12):1056–60.
8. Schonfeld SJ, Lee C, Berrington de González A. Medical exposure to radiation and thyroid cancer. *Clin Oncol R Coll Radiol G B*. 2011 May; 23(4):244–50.
9. How J, Tabah R. Explaining the increasing incidence of differentiated thyroid cancer. *CMAJ Can Med Assoc J J Assoc Medicale Can*. 2007 Nov 20; 177(11):1383–4.
10. Baker SR, Bhatti WA. The thyroid cancer epidemic: is it the dark side of the CT revolution? *Eur J Radiol*. 2006 Oct; 60(1):67–9.
11. Ward EM, Jemal A, Chen A. Increasing incidence of thyroid cancer: is diagnostic scrutiny the sole explanation? *Future Oncol Lond Engl*. 2010 Feb; 6(2):185–8.
12. Enewold L, Zhu K, Ron E, et al. Rising thyroid cancer incidence in the United States by demographic and tumor characteristics, 1980-2005. *Cancer Epidemiol Biomark Prev Publ Am Assoc Cancer Res Cosponsored Am Soc Prev Oncol*. 2009 Mar; 18(3):784–91.
13. Hamatani K, Eguchi H, Ito R, et al. RET/PTC rearrangements preferentially occurred in papillary thyroid cancer among atomic bomb survivors exposed to high radiation dose. *Cancer Res*. 2008 Sep 1;68(17):7176–82.
14. Hamatani K, Mukai M, Takahashi K, and al. Rearranged anaplastic lymphoma kinase (ALK) gene in adult-onset papillary thyroid cancer amongst atomic bomb survivors. *Thyroid Off J Am Thyroid Assoc*. 2012 Nov; 22(11):1153–9.
15. Ron E, Kleinerman RA, Boice JD, and al. A population-based case-control study of thyroid cancer. *J Natl Cancer Inst*. 1987 Jul; 79(1):1–12.
16. Ron E, Lubin JH, Shore RE, et al. Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies. *Radiat Res*. 1995 Mar; 141(3):259–77.
17. Tronko MD, Howe GR, Bogdanova TI, et al. A cohort study of thyroid cancer and other thyroid diseases after the chornobyl accident: thyroid cancer in Ukraine detected during first screening. *J Natl Cancer Inst*. 2006 Jul 5; 98(13):897–903.

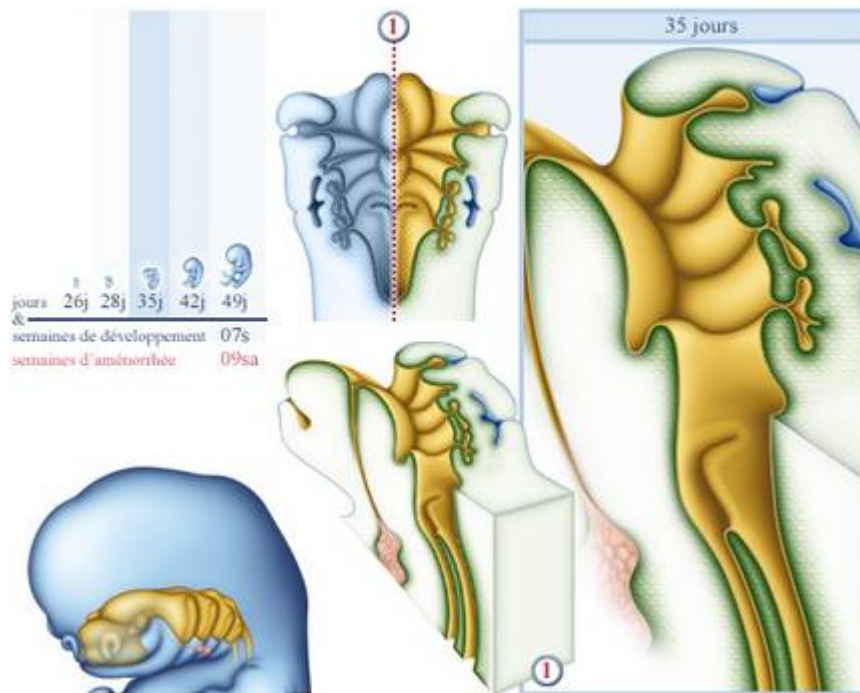
18. Zablotska LB, Ron E, Rozhko AV, Hatch M, Polyanskaya ON, Brenner AV, et al. Thyroid cancer risk in Belarus among children and adolescents exposed to radioiodine after the Chornobyl accident. *Br J Cancer*. 2011 Jan 4;104(1):181–7.
19. Cardis E, Kesminiene A, Ivanov V, Malakhova I, Shibata Y, Khrouch V, et al. Risk of thyroid cancer after exposure to ¹³¹I in childhood. *J Natl Cancer Inst*. 2005 May 18; 97(10):724–32.
20. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography-an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*. 2007 Nov 29;357(22):2277–84.
21. Rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2012 - IRSN-PRP-HOM-2014-6_Exposition-France-rayonnements-diagnostic-medical-2012.pdf [Internet]. [Consulté le 9 août 2015]. Disponible sur : http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/radioprotection/IRSN-PRP-HOM-2014-6_Exposition-France-rayonnements-diagnostic-medical-2012.pdf
22. Journal officiel de la République française - N° 12 du 14 janvier 2012 - Arrete_NRD_2011.pdf [Internet]. [Consulté le 8 août 2015]. Disponible sur : http://nrd.irsn.fr/presentation/Documents/Arrete_NRD_2011.pdf
23. Huda W, Spampinato MV, Tipnis SV, Magill D. Computation of thyroid doses and carcinogenic radiation risks to patients undergoing neck CT examinations. *Radiat Prot Dosimetry*. 2013 Oct; 156(4):436–44.
24. Spampinato MV, Tipnis S, Tavernier J, Huda W. Thyroid doses and risk to paediatric patients undergoing neck CT examinations. *Eur Radiol*. 2015 Jul; 25(7):1883–90.
25. Mazonakis M, Tzedakis A, Damilakis J, Gourtsoyiannis N. Thyroid dose from common head and neck CT examinations in children: is there an excess risk for thyroid cancer induction? *Eur Radiol*. 2007 May;17(5):1352–7.
26. Muchow RD, Egan KR, Pepler WW, Anderson PA. Theoretical increase of thyroid cancer induction from cervical spine multidetector computed tomography in pediatric trauma patients. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012 Feb;72(2):403–9.
27. Schilham A, van der Molen AJ, Prokop M, de Jong HW. Overranging at multisection CT: an underestimated source of excess radiation exposure. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc*. 2010 Aug;30(4):1057–67.
28. Tzedakis A, Damilakis J, Perisinakis K, Karantanis A, Karabekios S, Gourtsoyiannis N. Influence of z overscanning on normalized effective doses calculated for pediatric patients undergoing multidetector CT examinations. *Med Phys*. 2007 Apr;34(4):1163–75.
29. European Commission. Radiation protection n°154. European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures [Internet]. [Consulté le 8 août 2015]. Disponible sur: http://ddmed.eu/_media/background_of_ddm1:rp154.pdf
30. Guide pratique d'imagerie à l'usage des médecins radiologues, mis à jour le 07/03/2013. Pédiatrie [Internet]. [Consulté le 8 août 2015]. Disponible sur : http://www.sfrnet.org/rc/org/sfrnet/hm/Article/2013/20130222-140219-813/src/hm_fullText/fr/529_678_Radiopédiatrie.pdf
31. Baker SR, Hsieh Y-HH, Maldjian PD, Scanlan MT. Inadvertent thyroid irradiation in protocol-driven trauma CT: a survey of hospital ERs. *Emerg Radiol*. 2009 May;16(3):203–7.
32. Netter FH (2003) Atlas of human anatomy. ICON Learning Systems, Teterboro
33. Baker SR, Hsieh Y-HH, Maldjian PD, Scanlan MT. Inadvertent thyroid irradiation in protocol-driven trauma CT: a survey of hospital ERs. *Emerg Radiol*. 2009 May;16(3):203–7.
34. Schneider K. Sonographic imaging of the thyroid in children. *Prog Pediatr Surg*. 1991;26:1–14.

35. Kasai T, Ikata T, Katoh S, and al. Growth of the cervical spine with special reference to its lordosis and mobility. *Spine*. 1996 Sep 15;21(18):2067–73.
36. Daniel C, André N, Leroyer C. Goitre endothoracique. *EMC pneumologie* 2000 ; 6-047-D-30.[Internet]. [Consulté le 16 août 2015]; Disponible sur: <http://0-www.em-premium.com>.
37. Vlaeminck-Guillem V. Structure et physiologie thyroïdiennes. *EMC Endocrinologie-nutrition* 2011;10-0002-B-10[Internet]. [Consulté le 16 août 2015]; Disponible sur : <http://0-www.em-premium.com>
38. Critères de qualité et optimisation des doses en scanographie chez l'enfant [Internet]. [consulté le 17 août 2015]. Disponible sur: http://www.sfip-radiopediatrie.org/images/stories/docs_telechargement/guideprocedurestdmpedi06.pdf
39. Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol*. 2001 Feb; 176(2):289–96.
40. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet Lond Engl*. 2012 Aug 4; 380(9840):499–505.
41. Li X, Samei E, Segars WP, et al. Patient-specific radiation dose and cancer risk for pediatric chest CT. *Radiology*. 2011 Jun; 259(3):862–74.
42. ACR – ASER – SCBT - MR-SPR. Practice parameter for the performance of pediatric computed tomography (CT) [Internet]. [Consulté le 17 août 2015]. Disponible sur : http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PGTS/guidelines/CT_Pediatric.pdf
43. Hohl C, Wildberger JE, Süss C, Thomas C, Mühlenbruch G, Schmidt T, et al. Radiation dose reduction to breast and thyroid during MDCT: effectiveness of an in-plane bismuth shield. *Acta Radiol Stockh Swed* 1987. 2006 Jul;47(6):562–7.
44. Leswick DA, Hunt MM, Webster ST, Fladeland DA. Thyroid shields versus z-axis automatic tube current modulation for dose reduction at neck CT. *Radiology*. 2008 Nov;249(2):572–80.
45. Shu KM, MacKenzie JD, Smith JB, et al. Lowering the thyroid dose in screening examinations of the cervical spine. *Emerg Radiol*. 2006 Mar;12(3):133–6.
46. Schlattl H, Zankl M, Becker J, Hoeschen C. Dose conversion coefficients for paediatric CT examinations with automatic tube current modulation. *Phys Med Biol*. 2012 Oct 21;57(20):6309.
47. Kalra MK, Maher MM, Toth TL, et al. Techniques and applications of automatic tube current modulation for CT. *Radiology*. 2004 Dec;233(3):649–57.
48. Brady SL, Moore BM, Yee BS, Kaufman RA. Pediatric CT: implementation of ASIR for substantial radiation dose reduction while maintaining pre-ASIR image noise. *Radiology*. 2014 Jan; 270(1):223–31.
49. Hoang JK, Yoshizumi TT, Choudhury KR, et al. Organ-based dose current modulation and thyroid shields: techniques of radiation dose reduction for neck CT. *AJR Am J Roentgenol*. 2012 May;198(5):1132–8.
50. Brink M, de Lange F, Oostveen LJ, et al. Arm raising at exposure-controlled multidetector trauma CT of thoracoabdominal region: higher image quality, lower radiation dose. *Radiology*. 2008 Nov;249(2):661–70.
51. Kaasalainen T, Palmu K, Lampinen A, Kortensniemi M. Effect of vertical positioning on organ dose, image noise and contrast in pediatric chest CT--phantom study. *Pediatr Radiol*. 2013 Jun;43(6):673–84.
52. Abelin-Genevois K, Idjerouidene A, Roussouly P, et al. Cervical spine alignment in the pediatric population: a radiographic normative study of 150 asymptomatic patients. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2014 Jul;23(7):1442–8.

53. Hojreh A, Weber M, Homolka P. Effect of staff training on radiation dose in pediatric CT. *Eur J Radiol.* 2015 May 12;
54. Paolicchi F, Faggioni L, Bastiani L, et al. Optimizing the balance between radiation dose and image quality in pediatric head CT: findings before and after intensive radiologic staff training. *AJR Am J Roentgenol.* 2014 Jun;202(6):1309–15.

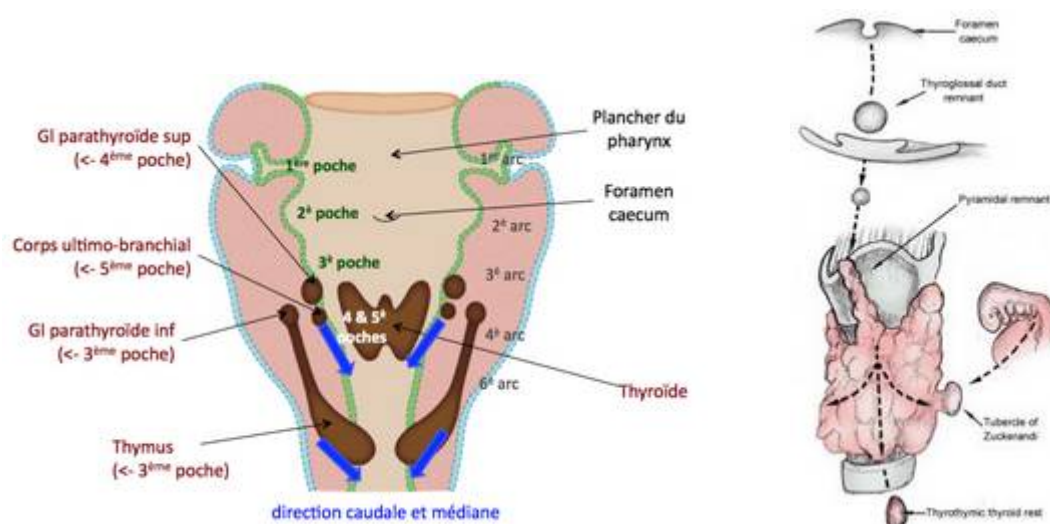
ANNEXE 1

Embryologie de la thyroïde



Tiré de :

<http://cvirtuel.cochin.univparis5.fr/Embryologie/Organ/OrganCours/OrganCh11/OrganCh11B1230.html>

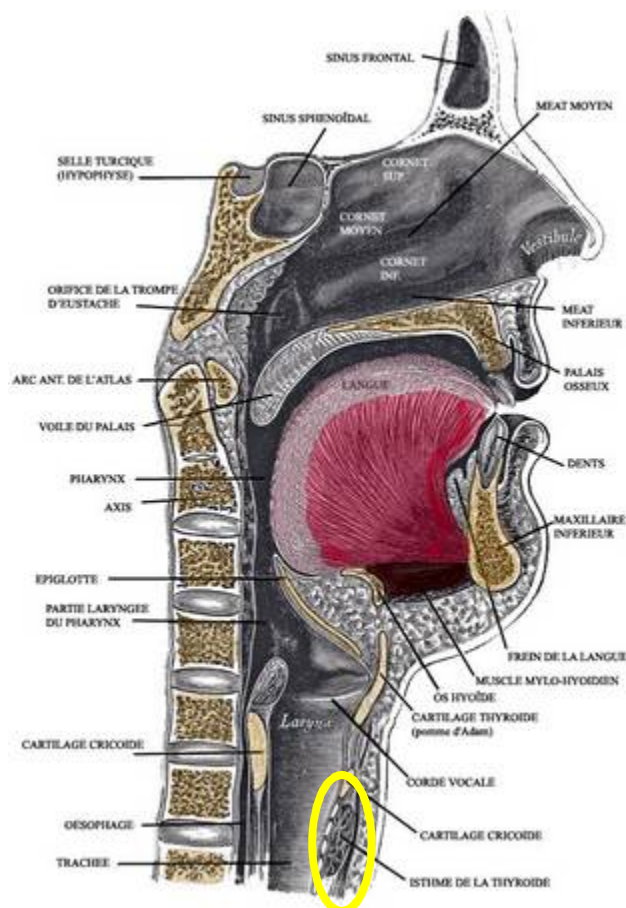


Tiré de : <http://www.carabinsnicois.fr/phpbb/viewtopic.php?f=325&t=34967>

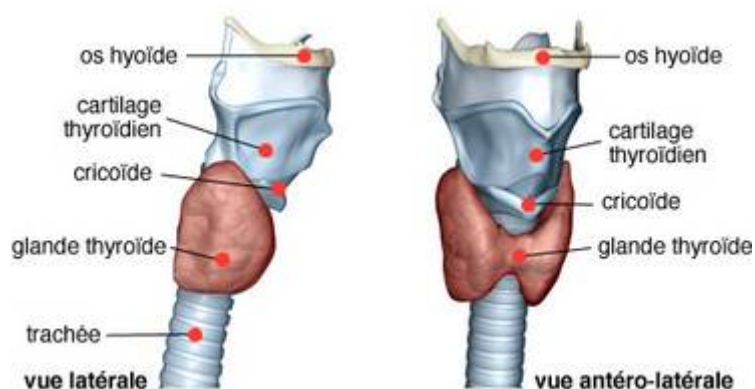
<http://emedicine.medscape.com/article/1891109-overview>

ANNEXE 2

Situation anatomique de la glande thyroïde

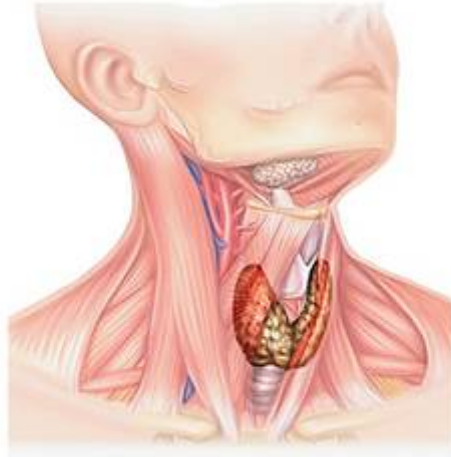


Tiré de : <http://www.medecine-et-sante.com/anatomie/carrefouraerodigestif.htm>



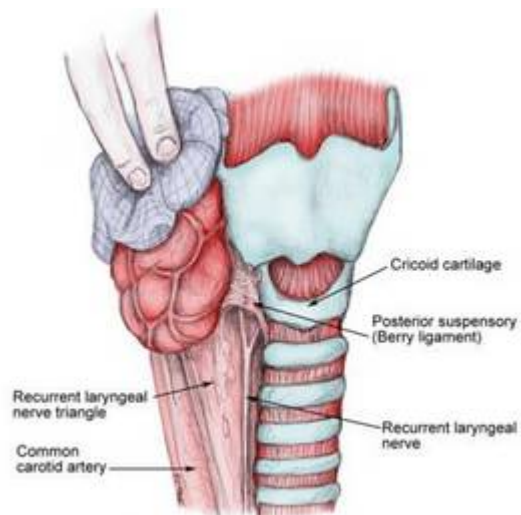
Tiré de :

<http://www.arcagy.org/infocancer/localisations/voies-aeriennes/cancers-du-larynx/maladie/un-peu-danatomie.html>



Tiré de :

<http://emedicine.medscape.com/article/1891109-overview>



Tiré de :

<https://portail.umons.ac.be/FR/universite/facultes/fmp/services/anat/Pages/Galectines%28glandethyro%C3%AFde%29.aspx>

ANNEXE 3

Extraits du guide des procédures de la SFR concernant les TDM pédiatriques du crâne et thorax

Scanner cérébral. Installation de l'enfant et technique générale

Les indications de cet examen sont détaillées dans les fiches spécifiques en fonction du contexte clinique. Les principales indications sont les traumatismes du crâne, les tableaux neurologiques aigus lorsque l'IRM n'est pas disponible.

Sédation

Les appareils multidétecteurs et l'acquisition hélicoïdale permettent des temps d'acquisition très courts. Dans le cas contraire, en fonction de l'âge, de l'indication, du type d'appareil et selon les centres, l'immobilité peut être obtenue soit par une sédation effectuée par le radiopédiatre, soit par une anesthésie générale. Chez le tout-petit, la phase de sommeil post-prandial peut être utilisée. Se référer à la fiche générale indiquant le mode de prise en charge des enfants en bas âge.

Installation du patient

Caler la tête, baisser la lumière dans la salle, donner une tétine avec de l'eau sucrée si nécessaire.

Centrage sur le nasion, tête symétrique si possible. Même si l'acquisition hélicoïdale permet la reconstruction dans les plans d'élection, faire en sorte de centrer le mieux possible l'enfant en fonction de sa position spontanée.

Surveillance et sécurité : la surveillance visuelle est permanente.

La présence d'un parent, avec tablier plombé à proximité de l'enfant (supérieure à un mètre) peut être conseillée.

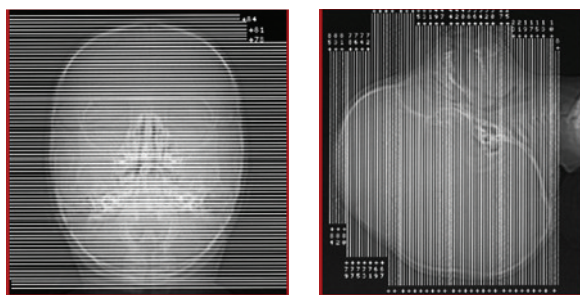
Protocole d'exploration de l'encéphale de l'enfant

80 à 120 kV selon l'âge.

Adaptation des mAs et modulation de dose (150 à 320 mAs).

Acquisition hélicoïdale, coupes millimétriques.

Placer la « boîte d'acquisition » sur le topogramme englobant toute la boîte crânienne (C1- vertex).



Traitement des données d'acquisition

Coupes axiales : plan orbito-méatal : OM = 0 (plan passant par le nasion et les conduits auditifs externes). La reconstruction est réalisée en coupes selon le plan orbito méatal avec 2 algorithmes, parenchyme cérébral et os. Epaisseur de 3 millimètres en sous-tentorial, 5 millimètres en sus-tentorial.

Reconstructions coronales et sagittales en fonction de la pathologie.

Critères de qualité

- Symétrie des deux hémisphères cérébraux sur les coupes axiales, coupe la plus basse passant par le trou occipital, coupe la plus haute passant par le sinus longitudinal supérieur.
- Absence d'artéfact dus aux mouvements de l'enfant.

Largeur des fenêtres de lecture

- Etage sous-tentorial : environ 80-150 UH
- Etage sus-tentorial : environ 50-100 UH
- Os : environ 400-2000 UH

Irradiation attendue

Elle doit être indiquée dans le compte rendu : en indiquant de façon obligatoire le PDL et si possible l'IDSV. Les valeurs suivantes en fonction du poids et de la taille constituent un élément de référence (cf. fiche page 47) :

1 an : Taille 75 cm, Poids 10 kg			5 ans Taille 110 cm, Poids 19 kg			10 ans Taille 140 cm, Poids 32 kg		
IDSV (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)	IDSV (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)	IDSV (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)
30 (+/- 5)	14	420 (+/- 70)	40 (+/- 5)	15	600 (+/- 75)	40 (+/- 5)	18	720 (+/- 90)

Injection d'un produit de contraste iodé

Les indications concernant l'usage d'un produit de contraste sont détaillées dans chaque fiche. La décision d'injecter est liée au contexte clinique, aux constatations faites sur les coupes sans injection, et à la possibilité de réaliser un examen IRM complémentaire en cas d'image pathologique. Lorsque l'IRM n'est pas disponible dans des délais adéquats, les principales indications pour l'injection d'un produit de contraste sont la recherche d'un abcès ou d'un empyème, d'une malformation vasculaire, d'une thrombose veineuse, d'un doute sur l'existence d'une tumeur.

Produit iodé à 270, 300 mg Iode/ml.

Il n'y a pas de précaution particulière à prendre en l'absence d'insuffisance rénale ou d'intolérance connue aux produits iodés. Dans le cas contraire, se référer aux précautions d'usage (cf. fiche page 57).

Dose : 2 cc par kilo de poids de l'enfant, voie intra-veineuse.

Si l'examen est réalisé sans anesthésie générale, prévoir la mise en place de crème EMLA sur les sites de ponction, par le service demandeur ou la famille une heure avant l'examen. Il faut retirer les patchs 20 à 30 minutes avant la ponction pour bien distinguer les veines.

Si l'examen est réalisé chez un nourrisson, il est préférable de prévoir la pose d'une perfusion préalablement au transfert dans le secteur d'imagerie.

Si l'examen est réalisé sous anesthésie générale, la voie veineuse est posée lors de l'anesthésie. L'injection est manuelle le plus souvent en l'absence d'indication à une opacification vasculaire par bolus. Le délai est variable en fonction du type d'opacification recherchée. La réalisation d'un angioscanner sur les artères cérébrales nécessite un délai très court, compte tenu de la rapidité de la vitesse circulatoire chez l'enfant.

Introduction et indications

La tomодensitométrie est réalisée en complément de la radiographie simple de face.

Il est important de prendre connaissance des examens d'imagerie précédemment réalisés : données des échographies anténatales et des radiographies simples.

L'examen est réalisé le plus souvent sans injection de produit de contraste. Une injection de produit de contraste n'est réalisée que si une séquestration pulmonaire est suspectée.

Technique

Préparation

Jeûne : règles définies par le CIRTACI et la SFR (cf. fiche page 57).

Prémédication : selon les règles locales de chaque centre.

Positionnement : enfant en décubitus dorsal bras relevés au dessus de la tête.

Injection de contraste (si une séquestration pulmonaire est suspectée, (en l'absence d'allergie avérée aux produits de contraste) :

- Produit iodé à 270, 300 mg iode/ml. Il n'y a pas de précaution particulière à prendre en l'absence d'insuffisance rénale ou d'intolérance connue aux produits iodés. Dans le cas contraire, se référer aux précautions d'usage (cf. fiche CIRTACI page 57). Dose : 2 ml par kilo de poids de l'enfant, voie intraveineuse. mettre une crème anesthésique sous pansement occlusif (type EMLA®) une heure avant la mise en place, (retirer 20 à 30 minutes avant la ponction pour permettre la bonne visualisation des veines). Si l'examen est réalisé chez un nourrisson, il est préférable de prévoir la pose d'une perfusion préalablement au transfert dans le secteur d'imagerie afin de limiter le stress et l'agitation, calibre adapté à l'âge de l'enfant (24 G avant un an, 22 G entre un an et l'adolescence, 20 G à partir de l'adolescence).
- Injection manuelle avant un an et utilisation d'un injecteur automatique après. Le débit d'injection est adapté à l'indication et au calibre de la voie d'abord. En pratique le débit est compris entre 1,5 et 3 ml/s. L'acquisition est lancée à la fin de l'injection ou éventuellement à l'aide d'un logiciel permettant de suivre l'arrivée du produit de contraste.

Paramètres d'acquisition adaptés pour respecter les niveaux de référence de dose

	1 an Taille 75 cm Poids 10 kg			5 ans Taille 110 cm Poids 19 kg			10 ans Taille 140 cm Poids 32 kg		
	CTDIvol (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)	CTDIvol (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)	CTDIvol (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)
Thorax standard	3 (+/- 1,5)	10	30 (+/- 15)	4 (+/- 1,5)	18	72 (+/- 27)	5 (+/- 2)	25	125 (+/- 50)

Acquisition et reconstruction

En cas de recherche de malformation hors séquestration : après réalisation d'un topogramme, acquisition sans injection de produit de contraste en mode hélicoïdal par des coupes de 1 à 2 mm chevauchées. Reconstruction avec un filtre parenchymateux dans les plans axial et coronal. En cas de malformation de l'arbre trachéo-bronchique des reconstructions tridimensionnelles peuvent être réalisées (MIP, rendu volumique) de même une endoscopie virtuelle peut être utile.

Si une séquestration est suspectée : après réalisation d'un topogramme acquisition des apex pulmonaires jusqu'au tronc coeliaque avec injection de produit de contraste en mode hélicoïdal par des coupes d'environ 1 à 2 mm chevauchées. Reconstruction en filtre médiastinal dans un plan axial et coronal et un filtre parenchymateux dans les plans axial et coronal. Intérêt de reconstructions tridimensionnelles (MIP, rendu volumique).

Compte rendu

Le compte rendu précise le type de malformation pulmonaire (malformation kystique adénomatoïde, kyste bronchogénique, séquestration) ou trachéo-bronchique (agénésie, isomérisme, bronche trachéale, emphysème lobaire géant...). Il précise également sa localisation, sa taille, et sa vascularisation ainsi que l'état du poumon sain adjacent.

Dosimétrie, cf. fiche page 47.

Transmission de l'information

Cf. fiche page 72.

Introduction et indications

La tomодensitométrie n'est réalisée qu'en complément de la radiographie simple. La recherche d'un épanchement et de ses caractéristiques (abondance, nature) et la mise en évidence de cloisons sont du domaine de l'échographie.

La principale indication de la tomодensitométrie chez le patient non immunodéprimé est liée à une évolution clinique défavorable sous traitement antibiotique adapté. Elle permet de rechercher un empyème ou un abcès pulmonaire. Elle est parfois réalisée avant un drainage chirurgical. Elle permet enfin de préciser la position des drains thoraciques.

La tomодensitométrie n'est pas utile à un stade précoce pour différencier un abcès pulmonaire d'une malformation pulmonaire surinfectée. En l'absence de complication un examen tomодensitométrique est plus utile à distance pour rechercher une malformation (environ 3 à 6 mois).

Technique

Préparation

Jeûne : règles définies par le CIRTACI et la SFR (cf. fiche page 57).

Prémédication : selon les règles locales de chaque centre.

Positionnement : enfant en décubitus dorsal bras relevés au dessus de la tête.

Injection de contraste (en l'absence d'allergie avérée aux produits de contraste) :

- Produit iodé à 270, 300 mg iode/ml. Il n'y a pas de précaution particulière à prendre en l'absence d'insuffisance rénale ou d'intolérance connue aux produits iodés. Dans le cas contraire, se référer aux précautions d'usage (cf. fiche CIRTACI page 57). Dose : 2 ml par kilo de poids de l'enfant. Voie intraveineuse. Mettre une crème anesthésique sous pansement occlusif (type EMLA®) une heure avant la mise en place, (retirer 20 à 30 minutes avant la ponction pour permettre la bonne visualisation des veines). Si l'examen est réalisé chez un nourrisson, il est préférable de prévoir la pose d'une perfusion préalablement au transfert dans le secteur d'imagerie afin de limiter le stress et l'agitation, calibre adapté à l'âge de l'enfant (24 G avant un an, 22 G entre un an et l'adolescence, 20 G à partir de l'adolescence).
- Injection manuelle avant un an et utilisation d'un injecteur automatique après. Le débit d'injection est adapté à l'indication et au calibre de la voie d'abord. En pratique le débit est compris entre 1,5 et 3 ml/s. L'acquisition est lancée à la fin de l'injection ou éventuellement à l'aide d'un logiciel permettant de suivre l'arrivée du produit de contraste.

Paramètres d'acquisition adaptés pour respecter les niveaux de référence de dose

	1 an			5 ans			10 ans		
	Taille 75 cm	Poids 10 kg		Taille 110 cm	Poids 19 kg		Taille 140 cm	Poids 32 kg	
	CTDIvol (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)	CTDIvol (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)	CTDIvol (mGy)	Longueur explorée (cm)	PDL/ passage (mGy.cm)
Thorax standard	3 (+/- 1,5)	10	30 (+/- 15)	4 (+/- 1,5)	18	72 (+/- 27)	5 (+/- 2)	25	125 (+/- 50)
Poumons HR	2 (+/- 1)	variable	variable	variable	variable	variable	3 (+/- 1)	variable	variable

Acquisition : après réalisation d'un topogramme acquisition en mode hélicoïdal par des coupes d'environ 2 mm chevauchées.

Reconstruction dans un filtre médiastinal et un filtre parenchymateux en axial et en coronal.

Compte rendu

Le compte rendu précise :

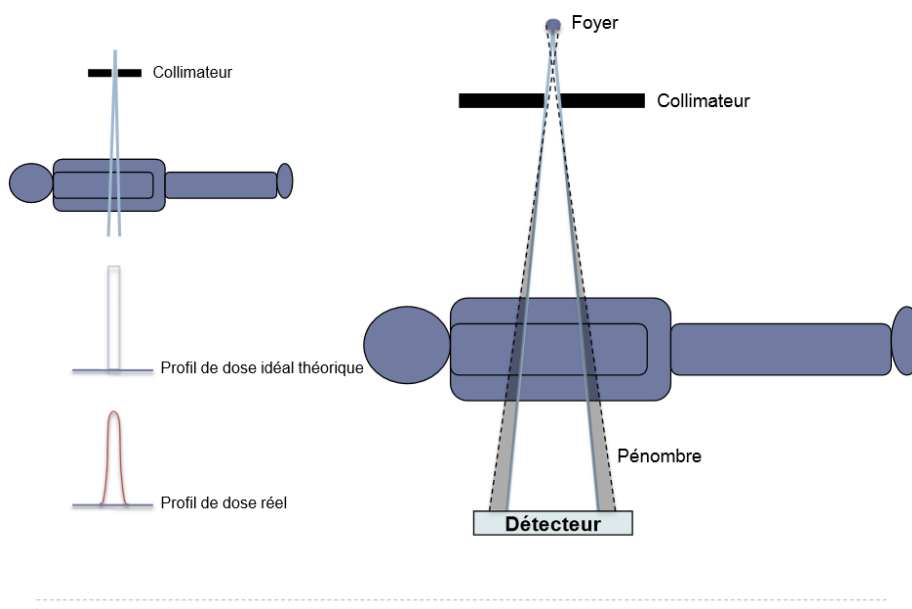
- la localisation de la pathologie infectieuse,
- le caractère nécrosé ou non du parenchyme,
- l'existence d'une abcédation, d'une atteinte pleurale, empyème,
- éventuellement la position des drains,
- l'état du parenchyme pulmonaire dans les autres territoires, l'aspect du médiastin, l'existence de ganglions, d'un épanchement péricardique,
- dosimétrie, cf. fiche page 47.

Transmission de l'information

Cf. fiche page 72.

ANNEXE 4

Profil de dose du faisceau à rayon X



Tiré de :

http://www.sfrnet.org/rc/org/sfrnet/htm/Article/2014/20140704084941668/src/htm_fullText/fr/EDK%20Dosim%C3%A9trie%20au%20scanner%20DES%201%281%29.pdf

Vu, le Directeur de Thèse

**Vu, le Doyen
de la Faculté de médecine de TOURS**

Faculté de Médecine de TOURS

PETIT Sophie

59 pages – 6 tableaux – 3 figures – 5 graphiques – 6 images – 8 illustrations

Résumé :

Objectif :

La thyroïde est un organe très radiosensible, particulièrement chez l'enfant. Notre objectif était d'évaluer la présence de la thyroïde dans le volume d'acquisition des tomodensitométries (TDM) non cervicales pédiatriques. Sa situation cervicale aux différents âges et nos pratiques concernant les limites d'acquisition de ces TDM ont été étudiées.

Matériel et méthode :

De novembre 2014 à juillet 2015, les TDM du crâne, massif facial et thorax réalisées dans le service de radiopédiatrie du CHRU de Tours ont été incluses. Rétrospectivement on notait la présence partielle ou totale de la thyroïde dans le volume d'acquisition. Les pôles de la thyroïde étaient alors localisés par rapport aux corps vertébraux. On corrélait les données avec l'âge, le sexe, la région anatomique explorée et la position des bras. La vertèbre située en limite de la région cervicale était relevée.

Résultats :

Sur 494 TDM incluses, 37% contenaient la thyroïde, dont 10% en totalité. Elle se situait entre C5 et T1, et était en général absente au-dessus de C4. La thyroïde évoluait distalement avec l'âge. Seule la région anatomique explorée était statistiquement liée à son inclusion. On dénombrait 80,3% de TDM du thorax, 13,1% du massif facial et 6,6% du crâne. Si l'exposition thyroïdienne était épargnée sur les TDM du crâne représentant la moitié de la population, elle existait dans 41% des TDM du massif facial et 94% des examens thoraciques. Ce dernier résultat était en partie lié à notre exercice puisque 25,8 % des TDM thoraciques débutaient avant la 6ème vertèbre cervicale.

Conclusion :

La fréquence de l'inclusion de la thyroïde lors d'exploration TDM non cervicales, surtout à l'étage thoracique, modifie notre perception de la part d'irradiation directe de la thyroïde imputable à ce type de scanner, et l'estimation du risque de cancer radio-induit. Des moyens existants pour sa radioprotection doivent être appliqués.

Mots clés : tomodensitométrie, thyroïde, enfant, protocole, radioprotection

Jury :

Président : Monsieur le Professeur Dominique SIRINELLI

Membres : Monsieur le Professeur Daniel ALISON

Monsieur le Professeur Jean Philippe COTTIER

Madame le Docteur Clara VALLIN

Date de la soutenance : le 22 septembre 2015