



HAL
open science

Intérêt de l'échographie gastrique dans l'évaluation du résidu gastrique des patients de réanimation

Marc Danguy Des Déserts

► To cite this version:

Marc Danguy Des Déserts. Intérêt de l'échographie gastrique dans l'évaluation du résidu gastrique des patients de réanimation. Médecine humaine et pathologie. 2013. <dumas-00905723>

HAL Id: dumas-00905723

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00905723v1>

Submitted on 18 Nov 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

UNIVERSITÉ DE BREST - BRETAGNE OCCIDENTALE

Faculté de Médecine

Année 2012-2013

N°

**THÈSE DE
DOCTORAT en MÉDECINE
DIPLOME D'ÉTAT**

Par

Marc DANGUY des DÉSERTS

Né le 28 mai 1984 à Guingamp (22)

Ancien élève de l'École du Service de Santé des Armées de Bordeaux

Interne des Hôpitaux des Armées et élève de l'École du Val-de-Grâce

Présentée et soutenue publiquement le 02/09/2013

**Intérêt de l'échographie gastrique dans l'évaluation
du résidu gastrique des patients de réanimation**

Président Monsieur le Professeur Y. OZIER

Membres du jury Monsieur le Professeur J-M. BOLES

Monsieur le Professeur M. OULD-AHMED

Monsieur le Docteur B-V. NGUYEN

UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE

**FACULTE DE MEDECINE ET
DES SCIENCES DE LA SANTE B R E S T**

DOYENS HONORAIRES : Professeur H. H. FLOCH

Professeur G. LE MENN (†)

Professeur B. SENECAIL

Professeur J. M. BOLES

Professeur Y. BIZAIS (†)

Professeur M. DE BRAEKELEER

DOYEN

Professeur C. BERTHOU

PROFESSEURS EMERITES

Professeur BARRA Jean-Aubert

Chirurgie Thoracique & Cardiovasculaire

Professeur LAZARTIGUES Alain

Pédopsychiatrie

PROFESSEURS DES UNIVERSITES EN SURNOMBRE

Professeur BLANC Jean-Jacques

Cardiologie

Professeur CENAC Arnaud

Médecine Interne

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS DE CLASSE EXCEPTIONNELLE

BOLES Jean-Michel	Réanimation Médicale
FEREC Claude	Génétique
GARRE Michel	Maladies Infectieuses-Maladies tropicales
MOTTIER Dominique	Thérapeutique

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS DE 1^{ERE} CLASSE

ABGRALL Jean-François	Hématologie - Transfusion
BOSCHAT Jacques	Cardiologie & Maladies Vasculaires
BRESSOLLETTE Luc	Médecine Vasculaire
COCHENER - LAMARD Béatrice	Ophthalmologie
COLLET Michel	Gynécologie - Obstétrique
DE PARSCAU DU PLESSIX Loïc	Pédiatrie
DE BRAEKELEER Marc	Génétique
DEWITTE Jean-Dominique	Médecine & Santé au Travail
FENOLL Bertrand	Chirurgie Infantile
GOUNY Pierre	Chirurgie Vasculaire
JOUQUAN Jean	Médecine Interne
KERLAN Véronique	Endocrinologie, Diabète & maladies métaboliques
LEFEVRE Christian	Anatomie
LEJEUNE Benoist	Epidémiologie, Economie de la santé & de la prévention
LEHN Pierre	Biologie Cellulaire
LEROYER Christophe	Pneumologie
LE MEUR Yannick	Néphrologie

LE NEN Dominique	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
LOZAC'H Patrick	Chirurgie Digestive
MANSOURATI Jacques	Cardiologie
OZIER Yves	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale
REMY-NERIS Olivier	Médecine Physique et Réadaptation
ROBASZKIEWICZ Michel	Gastroentérologie - Hépatologie
SENECAIL Bernard	Anatomie
SIZUN Jacques	Pédiatrie
TILLY - GENTRIC Armelle	Gériatrie & biologie du vieillissement

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS DE 2^{EME} CLASSE

BAIL Jean-Pierre	Chirurgie Digestive
BERTHOU Christian	Hématologie – Transfusion
BEZON Eric	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BLONDEL Marc	Biologie cellulaire
BOTBOL Michel	Psychiatrie Infantile
CARRE Jean-Luc	Biochimie et Biologie moléculaire
COUTURAUD Francis	Pneumologie
DAM HIEU Phong	Neurochirurgie
DEHNI Nidal	Chirurgie Générale
DELARUE Jacques	Nutrition
DEVAUCHELLE-PENSEC Valérie	Rhumatologie
DUBRANA Frédéric	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
FOURNIER Georges	Urologie
GILARD Martine	Cardiologie
GIROUX-METGES Marie-Agnès	Physiologie
HU Weigo	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie

LACUT Karine	Thérapeutique
LE GAL Grégoire	Médecine interne
LE MARECHAL Cédric	Génétique
L'HER Erwan	Réanimation Médicale
MARIANOWSKI Rémi	Oto. Rhino. Laryngologie
MISERY Laurent	Dermatologie - Vénérologie
NEVEZ Gilles	Parasitologie et Mycologie
NONENT Michel	Radiologie & Imagerie médicale
NOUSBAUM Jean-Baptiste	Gastroentérologie - Hépatologie
PAYAN Christopher	Bactériologie – Virologie; Hygiène
PRADIER Olivier	Cancérologie - Radiothérapie
REMY-NERIS Olivier	Médecine physique et de réadaptation
RENAUDINEAU Yves	Immunologie
RICHE Christian	Pharmacologie fondamentale
SALAUN Pierre-Yves	Biophysique et Médecine Nucléaire
SARAUX Alain	Rhumatologie
STINDEL Eric	Biostatistiques, Informatique Médicale et technologies de communication
TIMSIT Serge	Neurologie
VALERI Antoine	Urologie
WALTER Michel	Psychiatrie d'Adultes

PROFESSEURS ASSOCIES

LE RESTE Jean Yves

Médecine Générale

**MAÎTRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES
-
PRATICIENS HOSPITALIERS**

HORS CLASSE

ABALAIN-COLLOC Marie Louise	Bactériologie – Virologie ; Hygiène
AMET Yolande	Biochimie et Biologie moléculaire
LE MEVEL Jean Claude	Physiologie
LUCAS Danièle	Biochimie et Biologie moléculaire
RATANASAVANH Damrong	Pharmacologie fondamentale
SEBERT Philippe	Physiologie

1ERE CLASSE

ABALAIN Jean-Hervé	Biochimie et Biologie moléculaire
AMICE Jean	Cytologie et Histologie
CHEZE-LE REST Catherine	Biophysique et Médecine nucléaire
DOUET-GUILBERT Nathalie	Génétique
JAMIN Christophe	Immunologie
MIALON Philippe	Physiologie
MOREL Frédéric	Médecine & biologie du développement et de la reproduction
PERSON Hervé	Anatomie
PLEE-GAUTIER Emmanuelle	Biochimie et Biologie Moléculaire
UGO Valérie	Hématologie, transfusion
VALLET Sophie	Bactériologie – Virologie ; Hygiène
VOLANT Alain	Anatomie et Cytologie Pathologiques

2EME CLASSE

DELLUC Aurélien	Médecine interne
DE VRIES Philine	Chirurgie infantile
HILLION Sophie	Immunologie
LE BERRE Rozenn	Maladies infectieuses-Maladies tropicales
LE GAC Gérard	Génétique
LODDE Brice	Médecine et santé au travail
QUERELLOU Solène	Biophysique et Médecine nucléaire
SEIZEUR Romuald	Anatomie-Neurochirurgie

MAITRES DE CONFERENCES - CHAIRE INSERM

MIGNEN Olivier	Physiologie
----------------	-------------

MAITRES DE CONFERENCES

AMOUREUX Rémy	Psychologie
HAXAIRE Claudie	Sociologie - Démographie
LANCIEN Frédéric	Physiologie
LE CORRE Rozenn	Biologie cellulaire
MONTIER Tristan	Biochimie et biologie moléculaire
MORIN Vincent	Electronique et Informatique

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES MI-TEMPS

BARRAINE Pierre

Médecine Générale

LE FLOC'H Bernard

Médecine Générale

NABBE Patrice

Médecine Générale

AGREGES DU SECOND DEGRE

MONOT Alain

Français

RIOU Morgan

Anglais

Septembre 2011

ÉCOLE DU VAL-DE-GRÂCE

À Monsieur le Médecin Général Inspecteur Maurice VERGOS

Directeur de l'École du Val-de-Grâce

Professeur Agrégé du Val-de-Grâce

Officier de la Légion d'Honneur

Commandeur de l'Ordre National du Mérite

Récompenses pour travaux scientifiques et techniques – échelon vermeil

Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

À Monsieur le Médecin Général Jean-Didier CAVALLO

Directeur adjoint de l'École du Val-de-Grâce

Professeur Agrégé du Val-de-Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

Chevalier des Palmes Académiques

Récompenses pour travaux scientifiques et techniques – échelon argent

Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

HÔPITAL D'INSTRUCTION DES ARMÉES CLERMONT-TONNERRE

À Monsieur le Médecin Général Gérard BOURGUIGNON

Médecin chef de l'Hôpital d'Instruction des Armées Clermont-Tonnerre

À Monsieur le Médecin Chef des Services Serge PERCHOC

Médecin chef adjoint de l'Hôpital d'Instruction des Armées Clermont-Tonnerre

À notre Président du jury,

Monsieur le Professeur Yves Ozier,

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de notre jury de thèse.

Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Jean-Michel Boles,

Nous sommes honorés de votre présence dans ce jury.

Veillez recevoir l'expression de notre considération la plus distinguée.

Monsieur le Médecin en Chef Mehdi Ould-Ahmed,

Vous nous faites l'honneur d'être présent dans ce jury.

Nous vous sommes reconnaissants pour vos conseils avisés, votre pédagogie et la formation que vous nous avez apportés durant notre cursus.

Veillez recevoir l'expression de notre respectueuse estime.

À notre directeur de thèse,

Monsieur le Médecin en Chef Ba-Vinh Nguyen,

Vous nous avez fait gage de votre confiance en guidant ce travail.

Nous avons été particulièrement sensibles à votre bienveillante patience, votre disponibilité et à votre enseignement reçu au cours de ces années d'internat.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de notre extrême gratitude.

À ma famille,

À ma fiancée Florence,

Nous avançons ensemble sur le chemin de notre amour depuis quatre ans maintenant, une belle étape nous y attend dans moins d'un an... Je te remercie de ton soutien sans faille, de ton réconfort dans les moments difficiles. Je me réjouis d'avance pour tout ce qu'il nous reste à construire tous les deux.

À mes parents Xavier et Rosine,

Ces quelques mots sont bien peu de choses pour vous remercier de tout ce que vous m'avez donné. Merci infiniment pour votre éducation attentive, votre aide constante.

À mes frères et à ma sœur,

Gildas, ton goût de l'effort est un exemple pour me surpasser,
Joëlle, ta ténacité me pousse à ne jamais renoncer,
François, ta sensibilité me rappelle de toujours rester à l'écoute.

À mes grands-parents Jean et Simone,

Votre bienveillance et vos encouragements sont un moteur pour moi.

Aux (très) nombreux oncles, tantes, cousins et cousines que je n'aurai pas la place de citer ici, soyez tous remerciés.

À mes (futurs) beaux-parents Philippe et Jacqueline,

Votre gentillesse me va droit au cœur.

À mes amis,

À mes fidèles amis de Santé Navale, Fabian l'insatiable casse-cou, Jean-Baptiste l'adorable roublard, Jean-Brice le piquant poète et Mathieu le chanteur suranné. Quelles belles années passées à Bordeaux ! J'espère que les années futures continueront à nous voir nous réunir pour d'autres moments mémorables.

À mes amis brestois, Olivier et Morgane, Tanguy et Florence, Brendan et Adèle, Maalik et Sanaa, Christophe et Hélène, Charles-Henri et Anne, Florent, Nathalie, Virginie. J'apprécie chacun d'entre vous et suis certain que notre amitié résistera aux kilomètres et au temps passé.

À mes collègues,

À l'équipe d'anesthésie-réanimation de l'HIA Clermont-Tonnerre : Docteurs Fourel, Dosseh, Eyrieux, Ralec, Kenane, Giacardi. Je vous remercie de m'avoir accompagné et encadré dans l'apprentissage de cette passionnante spécialité.

À l'équipe de réanimation médicale du CHRU qui m'a permis de poursuivre mon travail de thèse dans leurs murs et particulièrement aux Docteurs Prat et Renault pour leurs précieux conseils.

À mes co-internes de l'HIA Sophie, Étienne, Chloé et Philippe ainsi que du CHU Évelyne et Nicolas, je vous souhaite le meilleur pour la suite de votre cursus.

Je remercie particulièrement le Professeur Rousset pour son aimable participation à l'étude, ainsi qu'Emmanuel Nowak, statisticien au CIC du CHU et le Docteur Guéret pour leur expertise méthodologique et statistique.

Je remercie enfin toutes les secrétaires, les infirmières et aides soignantes des équipes de réanimation à l'HIA et de réanimation médicale au CHU pour leur collaboration de près ou de loin à ce travail.

Sommaire

Introduction	16
Généralités	18
A. Nutrition entérale	18
I. Objectifs de l'assistance nutritionnelle	18
II. Spécificités de la nutrition en réanimation	20
III. Intérêt de la nutrition par voie entérale	21
1. Intérêt théorique – Études physiologiques	21
2. Intérêt pratique – Études cliniques	22
IV. Dépense énergétique et estimation des besoins caloriques en réanimation	23
V. Gestion de la NE en réanimation	24
1. Introduction de la NE	24
2. Complications de la NE	24
3. Adaptation et surveillance de la NE	25
B. Échographie	28
I. Généralités	28
1. Historique	28
2. Principes physiques	29
3. Modes échographiques	34
II. Échographie et anesthésie-réanimation	36
1. Échographie et anesthésie	36
2. Échographie et réanimation	39
III. Échographie gastrique	46
1. Historique	46
2. Aspect normal	47
3. Échographie gastrique et anesthésie	50
4. Échographie gastrique et réanimation - urgences	52

Matériels et méthodes	54
I. Patients	54
1. Cadre de l'étude	54
2. Critères d'inclusion et d'exclusion	55
II. Méthodes	56
1. Données recueillies	56
2. Déroulement des mesures	56
3. Analyse statistique	61
Résultats	62
I. Inclusion des patients	62
II. Caractéristiques des patients	64
III. Mesures échographiques	65
IV. Mesures des VRG	66
V. Couples VRG/SA	67
1. Valeurs brutes	67
2. Transformation logarithmique	68
3. Analyse en sous groupe selon la position	69
Discussion	71
Conclusion	79
Bibliographie	80
Index des figures	91
Index des tableaux	92
Annexes	93

Introduction

L'apport d'une nutrition adaptée est un élément important de la prise en charge des patients de réanimation. La nutrition entérale (NE) est le mode d'alimentation à privilégier chez ces patients ^[1-5]. Cependant, certains patients présentent un iléus à l'origine d'une stase gastrique, pouvant entraîner des reflux de liquide de nutrition avec des risques d'inhalation ^[6,7].

Actuellement, l'iléus est recherché par la mesure du résidu gastrique aspiré par une seringue via la sonde nasogastrique (SNG) toutes les 4 à 6 h ^[3]. Cette mesure est probablement imparfaite et nécessite une interruption de l'alimentation à l'origine d'une perte d'apport nutritionnel. Nous avons donc cherché une autre méthode évaluant le résidu gastrique de façon non invasive.

L'échographie est une technique d'imagerie médicale, initialement réservée aux radiologues, mais dont les applications multiples et le développement technologique récent ont permis une extension de son utilisation en anesthésie-réanimation. Après des rappels historiques et des bases physiques de l'imagerie échographique, nous illustrerons les utilisations récentes et validées de l'échographie en anesthésie et en réanimation. Dans cette perspective, l'échographie gastrique pourrait être un nouvel outil pour les réanimateurs, afin d'évaluer la tolérance de la NE en réanimation.

Afin de valider cette hypothèse, l'objectif de notre étude est donc d'évaluer en réanimation la corrélation entre la mesure échographique de la surface antrale (SA) et la mesure du volume résiduel gastrique (VRG) par aspiration via la SNG.

Généralités

A. Nutrition entérale

I. Objectifs de l'assistance nutritionnelle

Il existe une forte prévalence de la dénutrition dans la population des patients hospitalisés, environ 30 à 40 %, en milieu médical, chirurgical ou en réanimation ^[8,9]. L'absence d'alimentation orale et l'hyper-métabolisme secondaire à une agression de l'organisme peuvent induire ou aggraver cette dénutrition au cours de l'hospitalisation en réanimation ^[10]. Le statut de « dénutri » est associé à une hausse de la mortalité et de la durée de séjour en réanimation ^[8]. En effet, la dénutrition fait le lit de nombreuses complications au premier rang desquelles les complications septiques ^[9,11]. De plus, la malnutrition altère les capacités de cicatrisation, conduisant à une augmentation des complications postopératoires ^[11]. Une carence en macro- ou micronutriments peut se traduire par des dysfonctions d'organes, en particulier une dépression des fonctions cardiaques et respiratoires, menant à des difficultés de sevrage ventilatoire ^[12,13].

A l'inverse, une étude observationnelle ^[14] a récemment montré qu'une nutrition apportant 100 % des objectifs théoriques caloriques était associée à

une réduction de la mortalité et de la durée de ventilation chez les patients dénutris ou obèses (définis respectivement dans l'étude par un index de masse corporelle IMC < 25 kg/m² ou > 35 kg/m²).

L'assistance nutritionnelle vise donc à traiter ou à prévenir la malnutrition afin d'en éviter les complications. Son application en réanimation comporte des spécificités, liées aux particularités des patients et des pathologies rencontrées en réanimation.

II. Spécificités de la nutrition en réanimation

Il existe trois modalités afin d'assurer le support nutritionnel des patients : la voie orale, la voie entérale et la voie parentérale. L'alimentation orale n'étant pas possible dans la majorité des cas en réanimation, le support nutritionnel s'effectue soit par voie entérale soit par voie parentérale.

En réanimation, cette nutrition doit être adaptée à un appareil digestif soumis à des agressions, au jeûne et à une fréquente malnutrition, entraînant des altérations fonctionnelles et structurelles. Des travaux expérimentaux rapportent notamment une atrophie villositaire intestinale, une augmentation de la perméabilité intestinale, une altération de la barrière immunitaire et une diminution de la motricité et de la sécrétion biliaire ^[15,16], qui peuvent favoriser la pullulation et la translocation bactérienne.

Les besoins nutritionnels des patients de réanimation sont particuliers d'un point de vue quantitatif et qualitatif en fonction des diverses agressions auxquelles ils sont soumis. L'aspect quantitatif est abordé au paragraphe IV, l'aspect qualitatif n'est pas traité, celui-ci n'ayant pas d'impact sur l'objet de l'étude de cette thèse.

III. Intérêt de la nutrition par voie entérale

1. Intérêt théorique – Etudes physiologiques

La NE préserve mieux la structure et la fonction de l'appareil digestif comparée à la nutrition parentérale (NP). En effet, la NE stimule la motricité intestinale, la sécrétion d'agents trophiques endogènes (comme la cholécystokinine, la gastrine, les sels biliaires), prévient l'atrophie muqueuse et les troubles de la perméabilité décrits dans le paragraphe précédent ^[17,18]. La NE permet le maintien du tissu lymphoïde sécréteur d'IgA intestinal aussi nommé GALT ^[19] (gut associated lymphoid tissue), mais contribue aussi au maintien d'autres tissus lymphoïdes associés aux muqueuses, aussi appelés MALT (mucosal associated lymphoid tissue), situés à distance comme dans les poumons, le foie ou les reins ^[20-22].

2. Intérêt pratique – Etudes cliniques

Une étude clinique réalisée en réanimation chez des patients atteints de pancréatites aiguës nécrosantes a comparé une NE à une NP. Elle conclut que la NE atténue la réponse inflammatoire et améliore l'évolution clinique par rapport à la NP ^[23]. Une revue systématique de la littérature incluant 13 essais randomisés comparant l'utilisation de la voie entérale à la voie parentérale chez des patients de réanimation montre que la NP est à l'origine d'un plus grand nombre de complications infectieuses que la NE ^[24]. Certaines études rapportent également un coût financier plus faible, un taux d'hypoglycémie moindre associés à la NE. Cependant il n'a pas été démontré de différence en termes de mortalité ou de durée de ventilation mécanique ^[24].

IV. Dépense énergétique et estimation des besoins caloriques en réanimation

La connaissance de la dépense énergétique effective du patient de réanimation permet d'adapter les apports énergétiques à lui apporter. La calorimétrie indirecte permet de la quantifier par mesure de la consommation d'oxygène et de la production de gaz carbonique et est réalisable chez le patient sous ventilation mécanique ^[25]. Les équations de Harris et Benedict (dépense de repos du sujet sain) ^[26,27] peuvent également prédire la dépense énergétique, en majorant le résultat par un facteur de correction se situant entre 1,3 et 1,7 en fonction de l'agression subie par le patient ^[28].

Équation de Harris et Benedict ^[26] :

(dépense énergétique de repos en kcal/24 h, chez l'adulte)

Femme : $665,10 + (9,56 \times \text{poids en kg}) + (1,85 \times \text{taille en cm}) - (4,68 \times \text{âge en années})$

Homme : $66,47 + (13,75 \times \text{poids en kg}) + (5,00 \times \text{taille en cm}) - (6,76 \times \text{âge en années})$

Formule actualisée de l'équation de Harris et Benedict ^[27] :

Femme : $447,593 + (9,247 \times \text{poids en kg}) + (3,098 \times \text{taille en cm}) - (4,330 \times \text{âge en années})$

Homme : $88,362 + (13,397 \times \text{poids en kg}) + (4,799 \times \text{taille en cm}) - (5,677 \times \text{âge en années})$

V. Gestion de la NE en réanimation

1. Introduction de la NE

L'introduction précoce d'une NE a démontré son intérêt et doit être entreprise dès que le tube digestif est fonctionnel [2,3,5,29]. Les apports nécessaires peuvent cependant être considérables chez le patient de réanimation, impliquant des volumes de solution de NE conséquents. Malgré les bénéfices attendus d'une NE adaptée, seulement un peu plus de la moitié de la quantité de NE prescrite par les cliniciens est effectivement délivrée, à cause d'intolérance digestive et d'interruptions d'alimentation [30].

2. Complications de la NE

L'iléus est la complication digestive la plus fréquente au cours de la NE en réanimation, survenant chez 25 à 52% des patients selon la définition utilisée [31-33]. Il se manifeste par des vomissements, une distension gastrique ou un ballonnement abdominal, une augmentation du résidu gastrique. La fréquence des nausées et des vomissements au cours de la NE atteint 6 à 18 % selon les études [31,32,34]. Ils imposent la plupart du temps l'arrêt de l'alimentation [31,35] qui interrompt donc les apports nutritionnels [36]. Les complications redoutées suite à la survenue de vomissements ou de régurgitations sont une fausse route avec

inhalation du contenu gastrique pouvant entraîner une pneumopathie d'inhalation ^[6,7].

La motricité du tractus digestif haut est altérée chez les patients de réanimation, particulièrement lorsqu'ils sont ventilés ^[37]. Il existe des situations à risque accru d'intolérance digestive haute liées à la gravité du patient ^[38], l'utilisation de curares ^[31], d'opiacés ^[39] ou de catécholamines ^[36], l'existence de troubles hydro-électrolytiques (hypokaliémie ou hypomagnésémie notamment) ^[36].

3. Adaptation et surveillance de la NE

En cas de mauvaise tolérance de la NE et par conséquent une impossibilité d'atteindre les objectifs nutritionnels, deux solutions s'offrent au clinicien : associer une NP complémentaire et/ou utiliser des traitements prokinétiques afin d'optimiser l'administration de la NE. Aussi, une surveillance attentive de la survenue d'un iléus est indispensable pour adapter le débit de la NE et introduire des traitements prokinétiques ^[40] ou une NP complémentaire ^[41].

La mesure du VRG est utilisée en pratique clinique comme un reflet de la motilité gastrique et permet de déceler la présence d'un iléus. Cette technique, imparfaite mais simple à réaliser, est la plus utilisée pour évaluer la tolérance de

la NE en réanimation et ainsi adapter le débit de NE délivré au patient ^[42,43]. Elle est recommandée en pratique clinique ^[3,33,44], bien que son utilisation ne soit pas standardisée et qu'il n'existe pas de définition claire d'un VRG acceptable. Il est recommandé de poursuivre la NE si le VRG est inférieur à 150 mL et de l'interrompre si le VRG est supérieur à 500 mL ^[3,33,44], mais aucune attitude consensuelle n'existe pour un VRG compris entre 150 et 500 mL ^[42,45].

Cependant, la mesure du VRG est subjective, imprécise et dépend de plusieurs paramètres tels que l'opérateur, la position du patient, la taille de la seringue d'aspiration et le diamètre de la SNG ^[42]. Une étude récente remet en cause l'intérêt de surveiller le VRG pour adapter la NE. Elle n'a pas montré de différence de mortalité et de prévalence des pneumopathies entre un groupe de patients dont le débit de NE était adapté uniquement selon la tolérance clinique (absence de régurgitations) comparé à un autre où cette adaptation se faisait sur la mesure des VRG ^[46].

Il existe plusieurs méthodes alternatives pour évaluer la tolérance gastro-intestinale chez les patients de réanimation : scintigraphie ^[47], impédance électrique gastrique ^[47], absorption du paracétamol ^[48], mesure expiratoire de CO₂ marqué introduit dans le soluté de nutrition ^[49], réfractométrie ^[50]; cependant la plupart ont été peu évaluées et aucune ne semble supérieure à la mesure du VRG ou n'est utilisable facilement au lit du malade ^[42].

A l'inverse l'échographie semble facilement réalisable au lit du patient. La mesure échographique de la SA a déjà été étudiée en anesthésie ^[51-56] et en réanimation ^[57] pour évaluer le volume gastrique avant induction anesthésique. Cette technique pourrait également être utilisée pour évaluer la tolérance de la NE en réanimation.

B. Échographie

I. Généralités

1. Historique

L'échographie médicale a été développée à partir de la découverte du sonar durant la première guerre mondiale ^[58]. Les premières images échographiques du squelette humain ont été publiées en 1947 ^[59], puis les premières images échographiques de pathologie abdominale en 1958 ^[60]. L'échographie a été par la suite largement utilisée en radiologie, en cardiologie et en obstétrique. Son utilisation au lit du malade ne cesse de se développer depuis les années 1990 grâce à l'apparition d'appareils échographiques moins volumineux, mobiles, de meilleure qualité et moins coûteux.

2. Principes physiques

a. Les ultrasons

Les ultrasons (US) sont définis par leur gamme de fréquence située au-delà du spectre des sons audibles par l'oreille humaine soit supérieure à 20.000 Hertz (20 kHz). On distingue les US thérapeutiques, situés dans l'intervalle de fréquence de 20 kHz à 10 millions d'Hertz (MHz) dont l'objectif est de créer de la chaleur, que nous ne traiterons pas, et les US diagnostiques.

La fréquence des US diagnostiques se chiffre en MHz. Elle est proportionnellement liée à la définition de l'image obtenue mais est aussi inversement proportionnelle à la distance de pénétration des ondes dans les tissus observés. Ainsi, les sondes utilisées en échographie cardiaque et abdominale ont une gamme de fréquence allant de 2 à 5 MHz (figure 1, modèle S5-1 Phillips Healthcare, Andover, MA, Etats-Unis) qui permettent d'observer des structures profondément situées (figure 2). Les sondes utilisées en échographie dermatologique ou ophtalmologique émettent des US allant jusqu'à 100 MHz (figure 3, modèle UBM Ellex Medical, Adélaïde, Australie) et fournissent des images d'une grande précision sur une faible profondeur (figure 4).



Figure 1 - Sonde échographique de 2 - 5 MHz. Modèle S5-1 Phillips

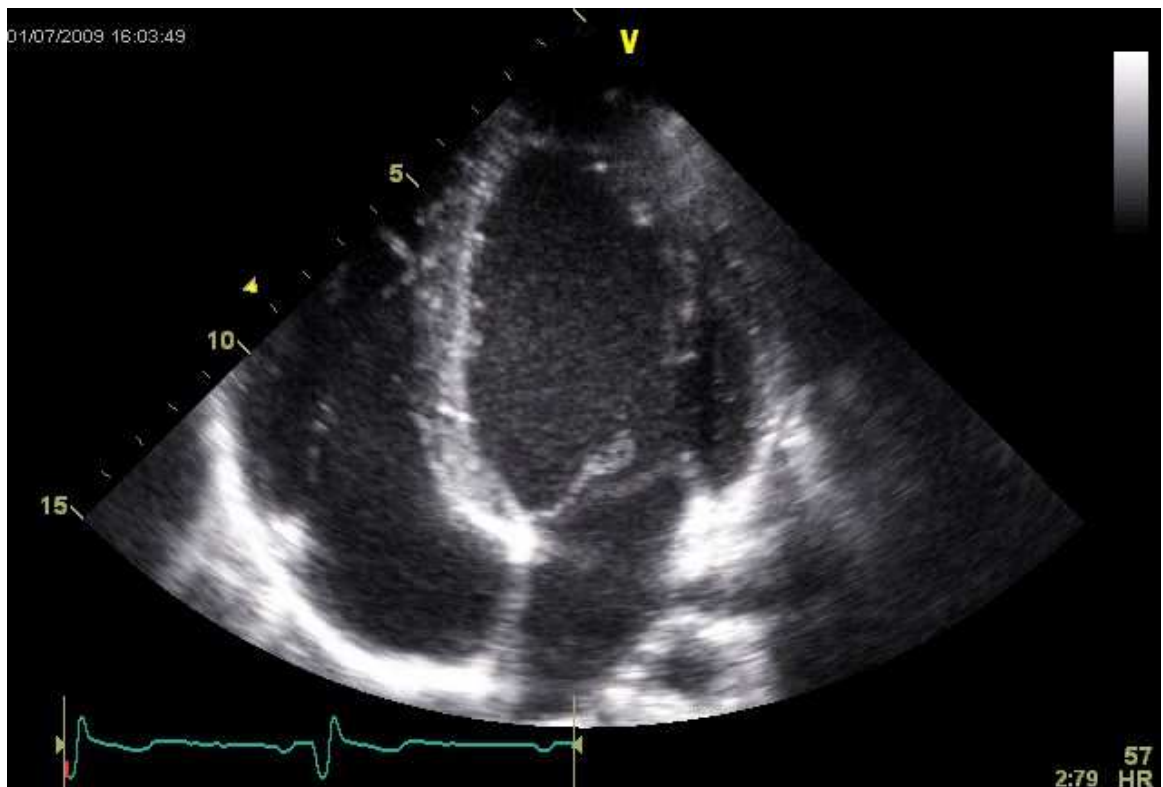


Figure 2 - Échographie cardiaque transthoracique. Vue apicale 4 cavités



Figure 3 - Sonde échographique de 10 - 40 MHz. Modèle UBM Ellex

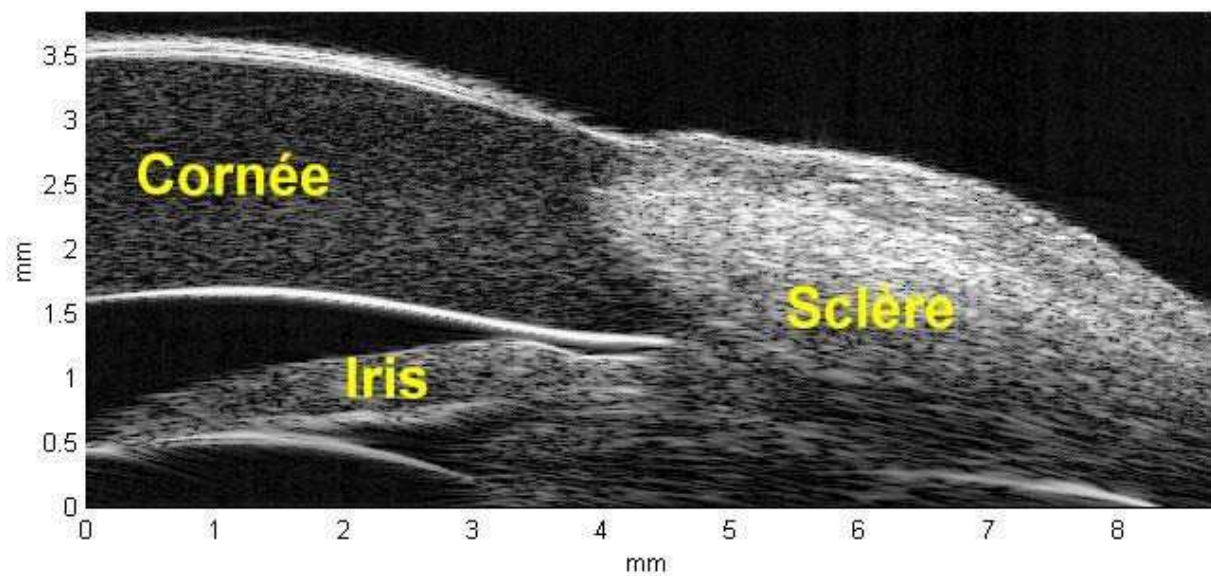


Figure 4 - Échographie oculaire. Segment antérieur

Les sondes d'échographie ultrasonore comprennent un capteur piézo-électrique qui joue le rôle d'émetteur-récepteur. Il est en effet capable d'émettre un son lorsqu'un courant électrique lui est appliqué et de diffuser un courant électrique lorsqu'un son lui parvient.

b. Propagation des US

Pour qu'une onde ultrasonore émise par la sonde puisse être recueillie, elle doit rencontrer une interface acoustique qui la réfléchisse (figure 5). L'impédance acoustique définit les propriétés d'une structure biologique à réfléchir ou à se laisser traverser par les US. En clinique humaine, l'impédance des tissus est très variable, celle de l'os étant 20 à 30 fois supérieure à celle des poumons.

En fonction de l'impédance acoustique des structures rencontrées ou traversées, le faisceau ultrasonore va se comporter de 3 façons différentes :

- le faisceau traverse totalement le corps sur lequel il est appliqué. N'étant pas réfléchi, il ne génère aucune image sur l'écran ;
- le faisceau est partiellement arrêté par le corps sur lequel il est appliqué, générant alors une image dont les caractéristiques sont fonction de l'impédance acoustique des structures traversées ;

l'intensité de l'image recueillie sera fonction de la quantité d'US réfléchis ;

- le faisceau ne peut traverser le corps sur lequel il est appliqué. Il est totalement réfléchi et ne fournit qu'une image de son enveloppe de surface, mais aucun renseignement sur l'intérieur du corps étudié.

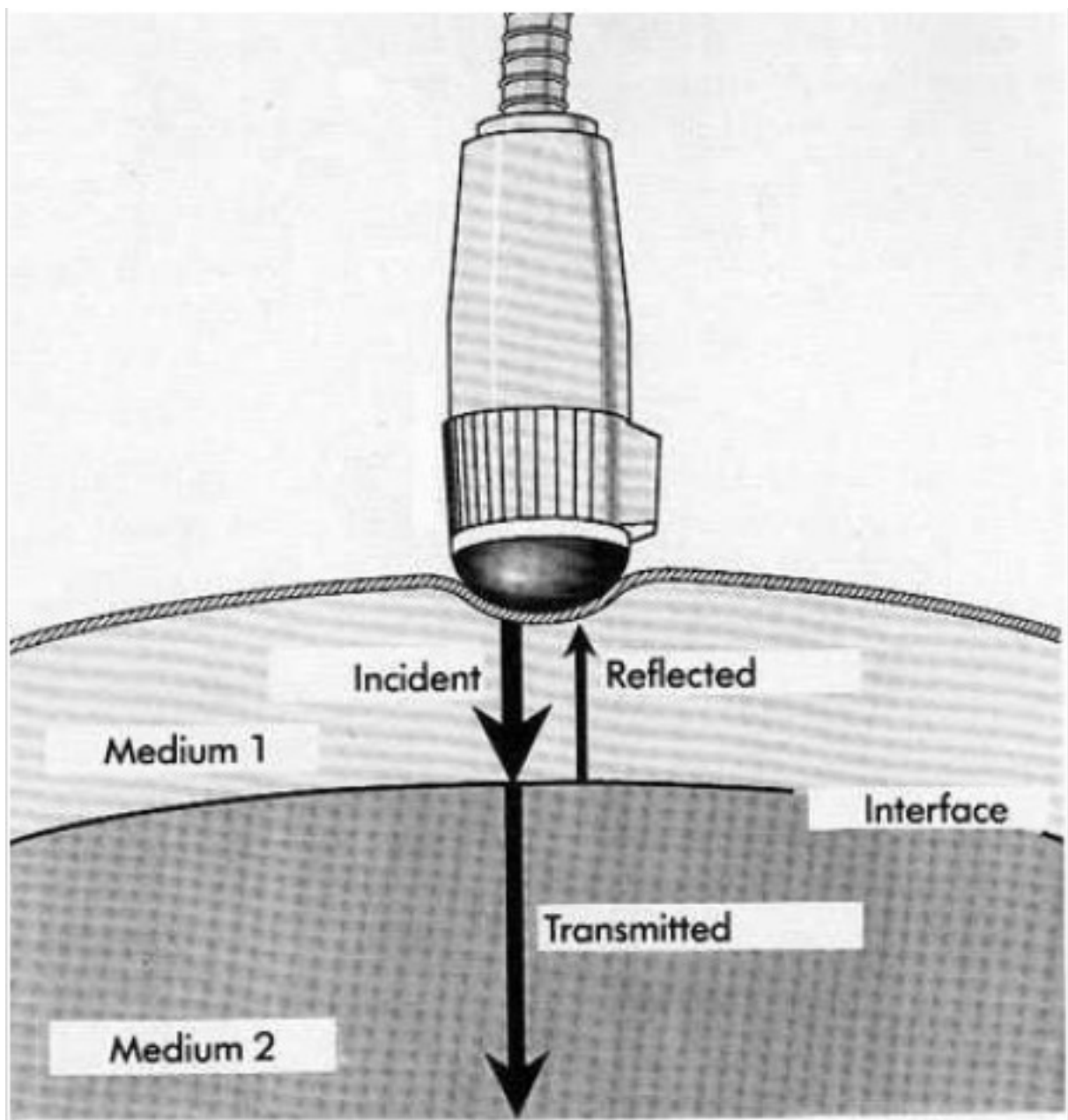


Figure 5 - Schéma illustrant la propagation de l'onde ultra sonore

3. Modes échographiques

Au fur et à mesure du perfectionnement des capteurs et de l'électronique, l'échographie ultrasonore est passée du mode A (amplitude) n'utilisant qu'un capteur fournissant des informations d'amplitude et de profondeur du retour du faisceau ultrasonore représenté sur un tracé type oscilloscope (figure 6), au mode B (brillance) utilisant de multiples capteurs situés côte à côte et permettant de produire une image bidimensionnelle. Le mode TM (temps mouvement) est quant à lui dérivé du mode B et représente le mouvement d'une coupe de tissu dans le temps (figure 7).

La vitesse de production des images s'est également améliorée passant de plusieurs minutes pour obtenir une image initialement, à une acquisition et un affichage des images en temps réel actuellement. Plus récemment, de nouveaux modes ont été développés permettant l'acquisition d'images tridimensionnelles (en superposant plusieurs images bidimensionnelles) voire quadridimensionnelles (trois dimensions en temps réel), dont l'utilisation médicale reste limitée actuellement. L'échographie peut également être utilisée pour évaluer la vitesse d'écoulement de liquide au sein du corps humain à l'aide des modes Doppler que nous ne détaillerons pas ici, ce mode n'ayant pas été utilisé durant l'étude et sortant donc du cadre de notre exposé.

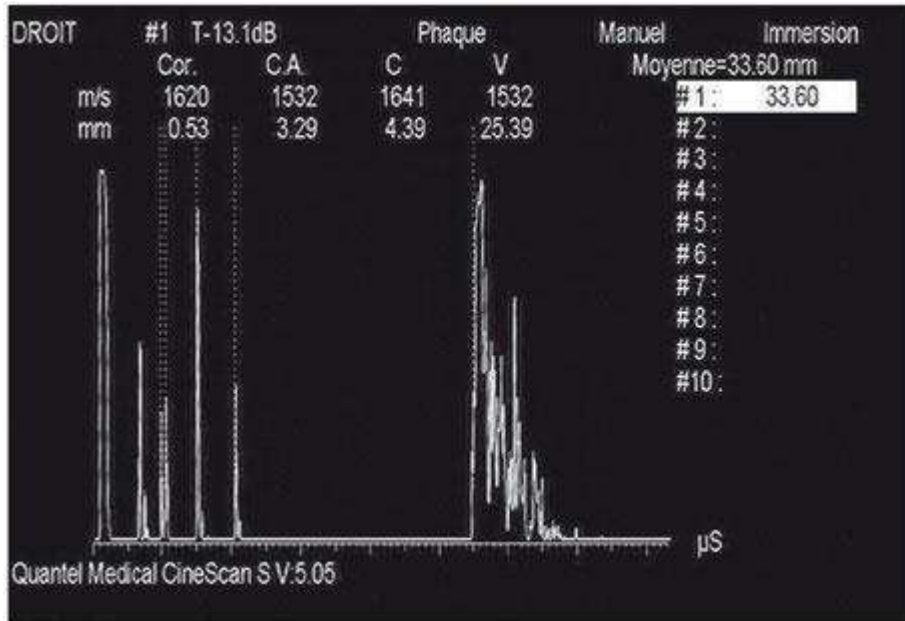


Figure 6 - Échographie oculaire, mode A

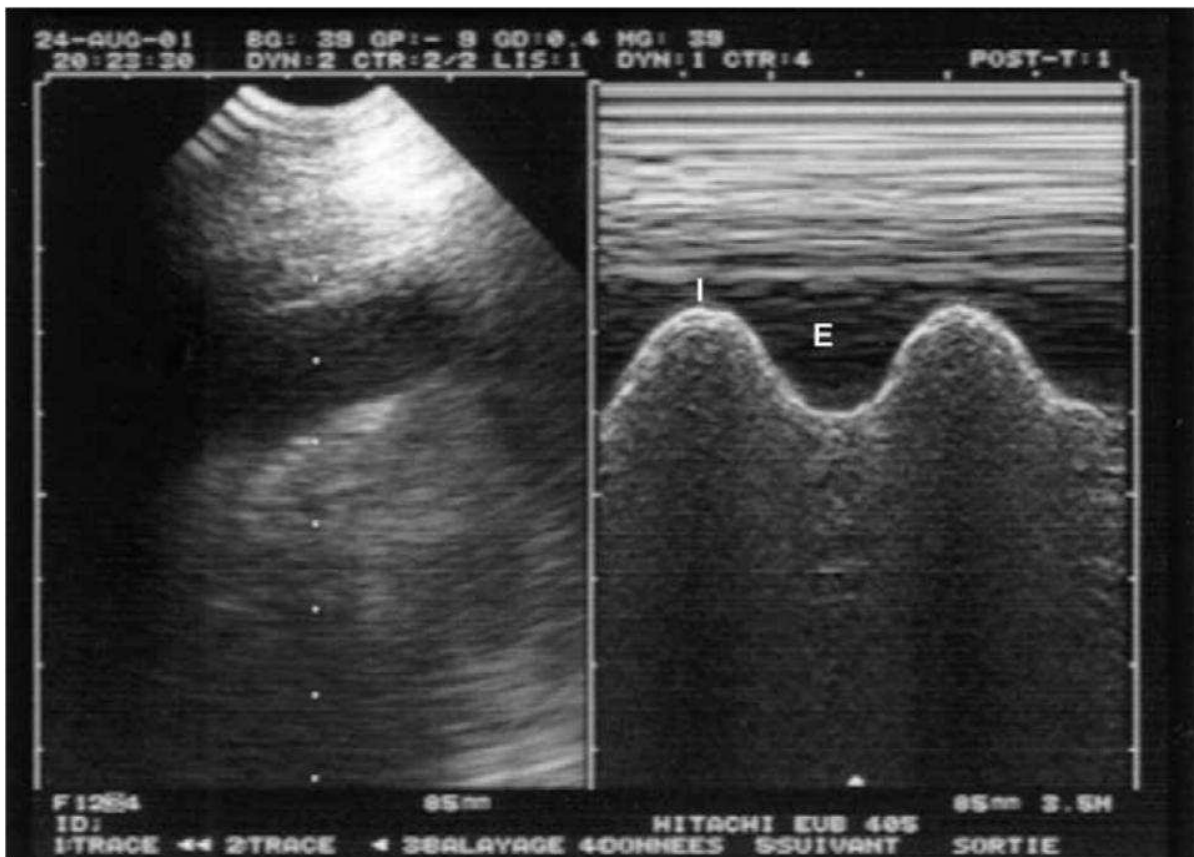


Figure 7 - Échographie d'un épanchement liquidien pleural
 Image de gauche : mode B, image de droite : mode TM

II. Échographie et anesthésie-réanimation

1. **Échographie et anesthésie**

L'échographie est utilisée depuis une trentaine d'années en anesthésie, notamment en chirurgie cardiaque et en anesthésie locorégionale (ALR).

a. Échocardiographie et anesthésie en chirurgie cardiaque

Dans les années 1980, l'échocardiographie transœsophagienne (ETO) auparavant réservée à la cardiologie a été utilisée en anesthésie pour la chirurgie cardio-thoracique ^[61]. Si les anesthésistes dépendaient initialement des cardiologues pour l'acquisition et l'interprétation des images échographiques transœsophagiennes, ils se sont formés pour maîtriser cette technique, afin d'améliorer la prise en charge des patients en chirurgie cardiaque.

L'utilisation de l'ETO est recommandée dans toutes les chirurgies à cœur ouvert, les chirurgies de l'aorte thoracique ainsi que les chirurgies de pontage coronarien. L'ETO permet de confirmer et explorer des anomalies cardiaques préopératoires, l'adaptation peropératoire de la technique anesthésique et

chirurgicale et l'évaluation postopératoire du résultat chirurgical ^[62]. Elle est également recommandée en chirurgie non cardiaque dans le cadre de chirurgie à risque d'instabilité hémodynamique ou de chirurgie effectuée chez un patient atteint d'une pathologie cardiovasculaire instable, ainsi que dans le cadre d'une insuffisance circulatoire prolongée inexplicée peropératoire ^[63].

b. Échographie et ALR

L'ALR périphérique a également bénéficié de l'apport de l'échographie ultrasonore. En 1978, Grange et al. ^[64] décrivaient à l'aide du Doppler la localisation de l'artère sous-clavière avant réalisation d'un bloc supraclaviculaire du plexus brachial. Onze ans après, Ting et Sivagnanaratman ^[65] décrivaient la diffusion d'anesthésique local autour du plexus brachial axillaire observé par échographie en temps réel au cours de dix procédures.

L'échographie permet d'obtenir des images en temps réel des nerfs périphériques et d'identifier les tissus adjacents afin de guider l'injection d'anesthésiques locaux et le placement de cathéters périmerveux. Toutes les techniques d'ALR périphérique peuvent être échoguidées (blocs interscalénique infraclaviculaire, axillaire, au poignet, fémoral, sciatique). Certaines techniques d'ALR ont même connu un regain d'intérêt comme le bloc sus-claviculaire et le

TAP (transverse abdominal plane) block. Ces vingt dernières années, l'ALR échoguidée est devenue une pratique anesthésique quotidienne et a fait l'objet d'une récente recommandation formalisée d'experts de la Société française d'anesthésie-réanimation ^[66].

L'échographie trouve également sa place dans l'ALR centrale. La première description d'une ponction lombaire échoguidée a été réalisée par Bogin et Stulin en 1971 ^[67]. Entre 2001 et 2004, Grau et al ^[68] ont mené une série de travaux démontrant l'intérêt de l'utilisation des US dans l'anesthésie péridurale et ont permis une meilleure compréhension de cette pratique.

L'échographie rachidienne par voie postérieure permet le repérage de l'espace intervertébral, qui n'est pas toujours aisé chez certaines femmes enceintes ou chez les patients obèses et de déterminer la profondeur du ligament jaune et donc de l'espace péridural. Des recommandations anglaises précisent la place de l'échographie rachidienne en pratique clinique ^[69].

2. Échographie et réanimation

L'échographie est utilisée depuis une trentaine d'années en réanimation, notamment dans le domaine de l'évaluation hémodynamique, du diagnostic des pathologies pleuro-pulmonaires et le guidage de la pose des accès vasculaires.

a. Échocardiographie et réanimation

L'échocardiographie occupe aujourd'hui une place de choix dans l'évaluation hémodynamique des patients de réanimation. Auparavant, elle était réservée uniquement à l'évaluation de la fonction ventriculaire gauche ou la recherche d'une endocardite et réalisée le plus souvent par un cardiologue. Récemment, des réanimateurs ont défini des indices échocardiographiques évaluant la fonction ventriculaire gauche, la prédictibilité de réponse au remplissage vasculaire au cours du choc septique ^[70,71] et la fonction ventriculaire droite lors du syndrome de détresse respiratoire aiguë de l'adulte ^[72]. L'échographie permet de visualiser les cavités cardiaques, d'en estimer la fonction, d'évaluer la volémie et de mesurer le débit cardiaque : elle peut donc répondre aux questions que se pose un réanimateur devant un patient instable sur le plan hémodynamique.

b. Échographie pleuropulmonaire et réanimation

L'échographie pleuropulmonaire connaît un intérêt croissant en réanimation. Des travaux menés par Lichtenstein et al. ^[73] ont montré l'intérêt de cette technique dans de nombreuses situations et ont décrit une sémiologie échographique de l'appareil pleuropulmonaire, offrant la possibilité de diagnostiquer un épanchement pleural, un pneumothorax, une consolidation alvéolaire et un syndrome interstitiel avec des performances proches du scanner. Les épanchements pleuraux sont recherchés dans les culs de sacs pleuraux et apparaissent comme une collection anéchogène. L'échographie peut également estimer le volume de l'épanchement et sécuriser le geste de ponction pleurale en visualisant l'espace intercostal à ponctionner ^[74].

Les pneumothorax sont recherchés dans les zones antérieures thoraciques et sont diagnostiqués devant l'absence de glissement pleural (signant une effraction d'air entre les deux feuillets de la plèvre) et l'existence d'un point poumon (signant la jonction entre le pneumothorax et le poumon accolé à la paroi).

Les condensations alvéolaires (retrouvées principalement lors de pneumopathies) sont recherchées préférentiellement dans les culs de sac pleuraux et apparaissent comme une « hépatisation » du parenchyme pulmonaire (le parenchyme pulmonaire prend un aspect échographique similaire à celui du foie).

Les syndromes interstitiels (retrouvés lors d'un œdème pulmonaire qu'il soit d'origine cardiaque ou lésionnelle) sont recherchés dans l'ensemble du parenchyme pulmonaire et apparaissent comme des « queues de comètes » (correspondant à un aspect hyperéchogène rectiligne, partant de la ligne sous pleurale, équivalent aux lignes B de Kerley) ^[75].

Lichtenstein et al. ont développé sur la base de cette sémiologie un algorithme diagnostique basé sur l'échographie pleuro-pulmonaire au lit du malade dans le cadre des insuffisances respiratoires aiguës appelé protocole BLUE (bedside lung ultrasound in emergency), permettant d'établir dans 90% des cas un diagnostic correct, sans recours à une radiographie thoracique ou une tomodensitométrie thoracique ^[76]. Des recommandations internationales ont été récemment publiées sur l'utilisation de l'échographie pleuro-pulmonaire en réanimation ^[77].

c. Guidage échographique d'accès vasculaire

Le guidage échographique d'accès vasculaire a été décrit pour la première fois à la fin des années 1970 et n'a cessé de se développer pour aboutir à une méthode à présent recommandée au Royaume Uni ^[78]. Cette technique est considérée comme l'une des dix meilleures pratiques améliorant la qualité de prise en charge des patients ^[79]. En 1978, Ullman et Stoelting ^[80] ont décrit

l'utilisation d'un appareil Doppler pour la localisation de la veine jugulaire interne. Legler et Nugent ^[81] ont publié en 1984 une série de 43 poses de cathéter veineux central qui montrait une amélioration de la réussite au premier essai de la cathétérisation de la veine jugulaire interne en utilisant le Doppler. Depuis les années 1990, les US sont utilisés pour obtenir des images de la vascularisation du cou et guider la pose des voies veineuses jugulaires internes, notamment au cours des dix dernières années où cette pratique s'est démocratisée et s'est étendue à la pose des autres voies veineuses centrales ^[82], périphériques et artérielles ^[83].

d. Doppler transcrânien et réanimation

Le Doppler transcrânien a été décrit pour la première fois par Aaslid au début des années 1980 ^[84]. Cette technique permet de mesurer de façon non invasive la vitesse des globules rouges dans les gros troncs artériels cérébraux. L'analyse de deux valeurs du spectre, l'index de pulsatilité (IP) et la vélocité diastolique (Vd), suffit pour juger de l'état des résistances artériolaires en aval du gros tronc étudié. Plus l'IP est élevé avec une Vd basse, plus les artéριοles sont contractées. Cette vasoconstriction est directe (hypocapnie) ou, le plus souvent, indirecte liée à une pression de perfusion trop basse. Un IP supérieur à 1,4 associé à une Vd inférieure à 20 cm/s traduit un bas débit cérébral et impose

un traitement immédiat (osmothérapie et/ou noradrénaline) avant l'organisation d'une tomodensitométrie cérébrale pour comprendre et mieux traiter la diminution du flux cérébral. Un IP supérieur à 1,4 avec Vd supérieure à 20 cm/s signifie des résistances artériolaires élevées et la nécessité de renforcer la surveillance et de réajuster les traitements en cours. Les résultats des thérapeutiques peuvent être jugés en renouvelant l'examen Doppler. À l'image de son utilisation dans le traumatisme crânien grave, le Doppler transcrânien peut devenir un outil indispensable à l'évaluation du débit sanguin cérébral dans les nombreuses situations à risque ischémique : accident vasculaire cérébral, réanimation post-arrêt cardiaque, méningite, thrombophlébite cérébrale, sepsis grave...

e. Focused Assessment Sonography for Trauma (FAST)

L'échographie a fait son apparition dans l'évaluation des patients traumatisés dès les années 1980 en Europe ^[85], puis a été adoptée et développée aux Etats-Unis durant les années 1990 ^[86]. L'objectif de l'évaluation échographique est ici de détecter la présence de liquide intrapéritonéal ou péricardique au lit du malade. Cette technique permet ainsi d'identifier un saignement occulte thoracique ou abdominal dans le cadre de la prise en charge des traumatismes fermés thoraco-abdominaux en salle de déchoquage. Cet

examen est connu sous le nom de FAST et a fait l'objet d'une conférence de consensus international ^[87].

f. Autres modalités

L'échographie rénale bidimensionnelle est utilisée en réanimation pour rechercher une dilatation pyélo-calicielle afin d'éliminer une cause obstructive à une insuffisance rénale aigüe. L'analyse par échographie Doppler du parenchyme rénal à la recherche d'indices en faveur d'une origine fonctionnelle est une modalité d'examen échographique en cours de développement en réanimation ^[88].

Le diagnostic des sinusites acquises en réanimation peut être établi par échographie bidimensionnelle en appliquant la sonde sur l'os malaire. La performance de l'échographie est comparable à celle du scanner ^[89]. Un sinus normal n'est pas visible du fait du barrage acoustique naturel représenté par l'air sinusien. A l'inverse, un sinus non aéré est visible dans son ensemble sous forme d'un triangle hypoéchogène, dont les parois interne, externe et postérieure sont hyperéchogènes.

Récemment, la mesure échographique du diamètre de la gaine du nerf optique par voie transorbitaire a été proposée comme outil non invasif d'évaluation de la pression intracrânienne ^[90].

Diverses techniques d'examens ultrasonores non spécifiques à la réanimation peuvent également être utilisées comme l'échographie Doppler vasculaire des membres à la recherche de thromboses veineuses ou l'échographie abdominale pour explorer les voies biliaires.

L'échographie gastrique est un exemple de nouvel usage de l'échographie dont nous exposons ci-après l'état de la littérature à ce sujet.

III. Échographie gastrique

1. Historique

Les premières observations échographiques de lésions gastriques sont rapportées en 1977 ^[91]. L'échographie a ensuite permis d'évaluer la motilité gastrique ^[92,93]. Puis il a été possible d'estimer le volume du contenu gastrique, en mesurant le volume gastrique total ^[94]; par la suite la méthode a été simplifiée en limitant la mesure à la SA ^[95]. Actuellement, l'échographie gastrique n'est utilisée en pratique quotidienne que sous la forme d'échoendoscopie, qui a une place privilégiée pour le diagnostic positif et bilan d'extension des néoplasies gastriques ^[96].

2. Aspect normal

L'échographie abdominale permet de visualiser l'ensemble du tube digestif, depuis l'œsophage, en passant par l'estomac et l'intestin grêle jusqu'à l'appendice et le côlon ^[97]. L'aspect classique du tube digestif correspond à une superposition de 5 couches ^[98] comprenant de la lumière interne vers l'extérieur (figures 8 et 9) :

- une couche hyperéchogène, représentant la frontière entre le liquide digestif et la muqueuse
- une couche hypoéchogène : la muqueuse, comprenant la lamina propria et la lamina muscularis (figures 8 et 9, n°1)
- une couche hyperéchogène : la sous-muqueuse (figures 8 et 9, n°2)
- une couche hypoéchogène : la musculuse dont l'épaisseur varie selon le segment de tube digestif concerné (figures 8 et 9, n°3)
- une couche hyperéchogène externe : la séreuse à la frontière avec la graisse péri digestive

L'antre gastrique est situé à l'extrémité distale de l'estomac, en amont du pylore situé à la jonction avec le duodénum (figure 10). Il est visualisé en plaçant la sonde échographique au niveau du creux épigastrique dans le plan médian (coupe transversale, figure 11) ou dans le plan axial (coupe longitudinale).



Figure 8 - Coupe histologique d'un jéjunum normal avec vue à faible grossissement
1. Muqueuse ; 2. Sous-muqueuse ; 3. Musculeuse ; 4. Valvule

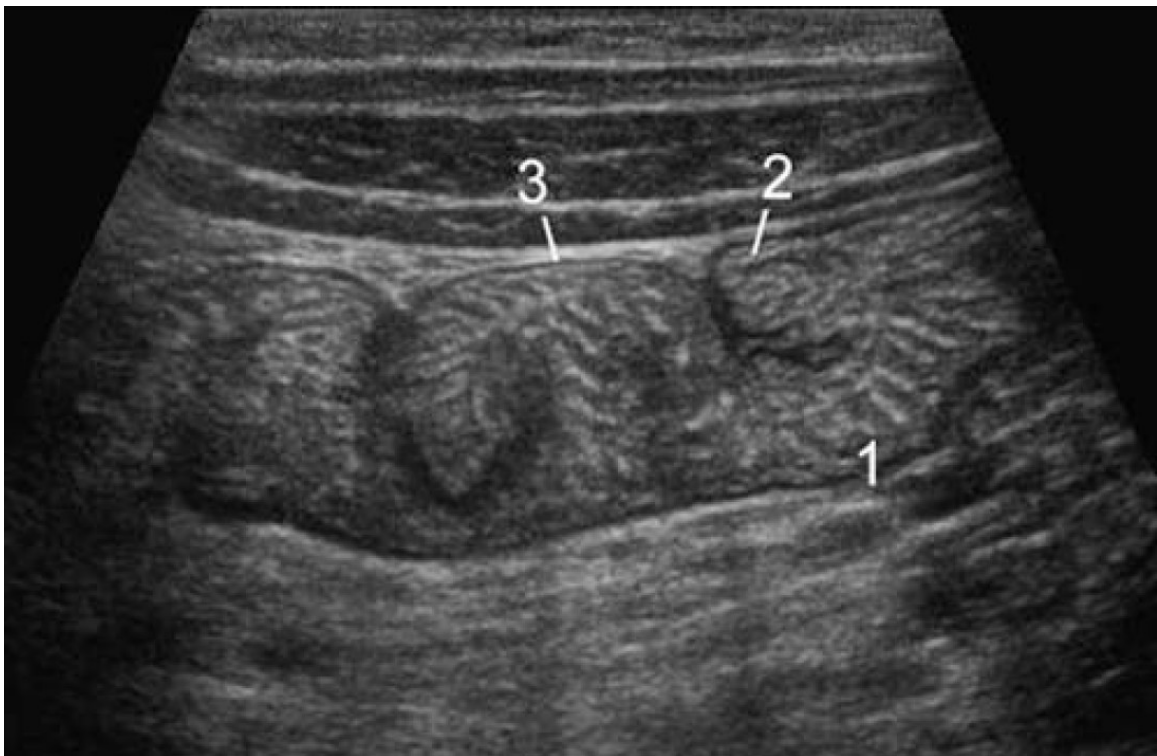


Figure 9 - Coupe longitudinale échographique d'un jéjunum normal
1. Muqueuse ; 2. Sous-muqueuse ; 3. Musculeuse

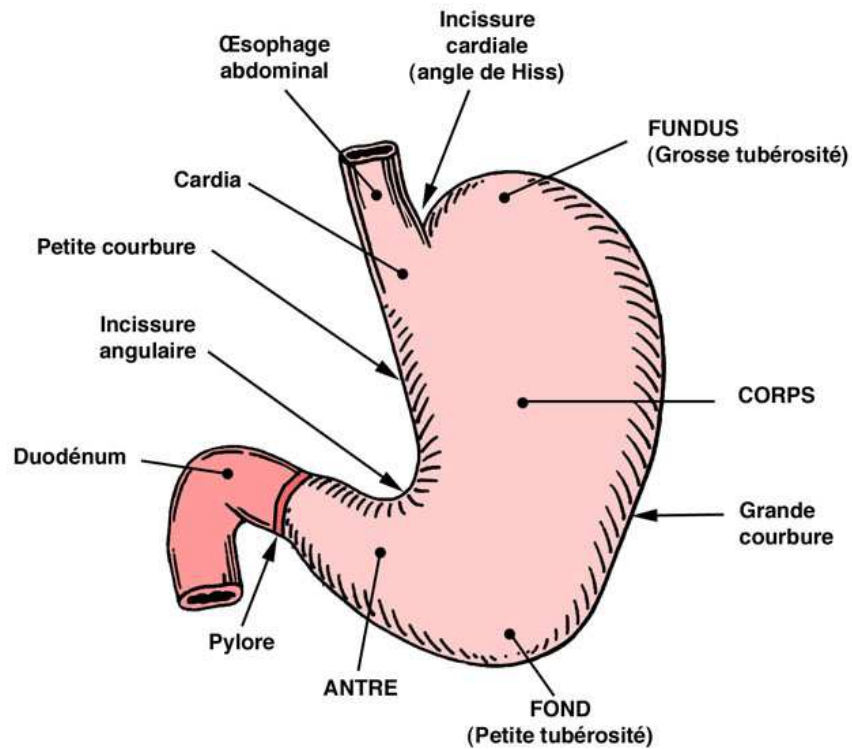


Figure 10 - Représentation schématique de l'estomac

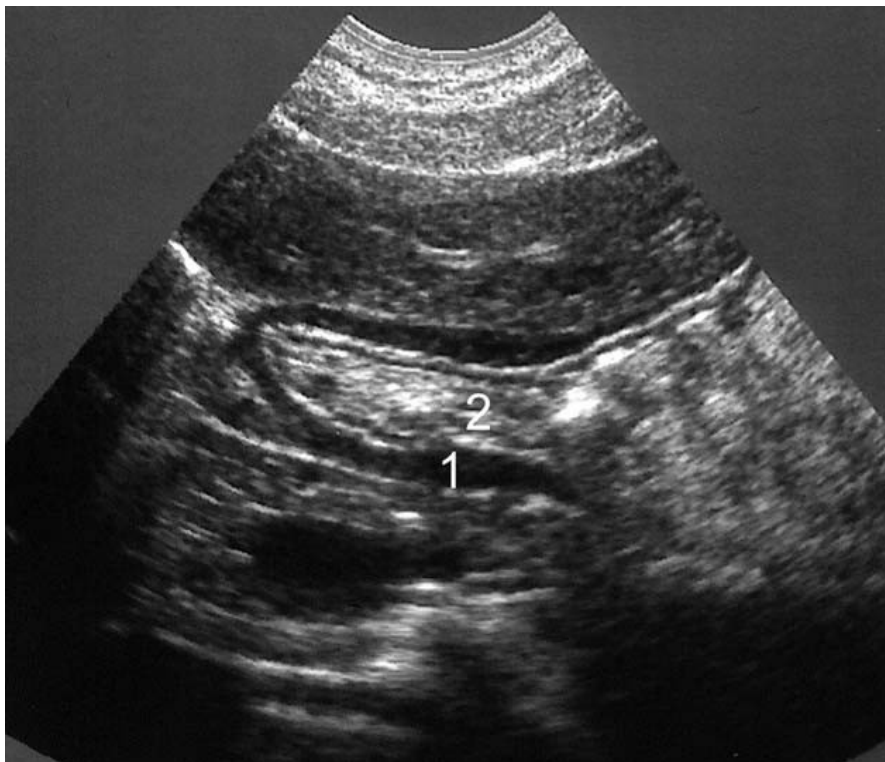


Figure 11 - Antre de l'estomac normal. Coupe transversale
1. Épaississement progressif de la musculature de la petite courbure jusqu'au pylore ; 2. lumière gastrique.

3. Échographie gastrique et anesthésie

Depuis la description en 1946 de l'inhalation du contenu gastrique par Mendelson chez de jeunes parturientes anesthésiées ^[99], la vacuité de l'estomac est devenue une préoccupation constante en anesthésie. A ce titre, des recommandations sont fréquemment mises à jour afin de définir la durée de jeûne préopératoire ^[100]. Même si elles semblent adaptées pour la plupart des patients bénéficiant d'une chirurgie réglée, il est difficile d'évaluer le risque réel d'inhalation d'une part chez des malades dont la vidange gastrique peut être ralentie (sujets diabétiques ou obèses par exemple) et d'autre part chez des patients devant bénéficier d'une intervention en urgence. L'échographie gastrique trouve ici sa place en permettant d'évaluer le contenu gastrique et ainsi d'identifier les patients à l'estomac plein.

La première étude consacrée à l'échographie gastrique en anesthésie a été publiée en 1992 et était réalisée au sein d'un collectif de volontaires sains et de parturientes ^[101]. L'étude comportait deux phases dont la première, qui avait pour objectif de permettre aux auteurs d'appréhender la technique, incluait 20 volontaires sains. Les sujets bénéficiaient d'échographies gastriques réalisées successivement après une nuit de jeûne, après un repas standardisé et quatre heures après ce même repas. Durant la deuxième phase, 73 parturientes admises en salle de travail pour accouchement imminent bénéficiaient d'échographies

gastriques à des temps variés au cours du travail. Au total, les auteurs concluaient que l'échographie gastrique pouvait permettre d'identifier le contenu gastrique des parturientes.

Plus récemment, quatre études ont évalué l'utilisation de la mesure échographique de la SA en anesthésie.

La première a été réalisée au sein d'un collectif de 18 volontaires sains ^[53] et a comparé les mesures échographiques de SA obtenues après ingestion d'un volume connu d'eau.

La même équipe, au cours d'une deuxième étude, a réalisé une échographie de l'antré gastrique à 200 patients bénéficiant d'une chirurgie programmée sous anesthésie générale (AG) ^[54] et évalué le contenu gastrique (grade 0 : estomac vide, grade 1 : petit volume gastrique, grade 2 : grand volume gastrique) sans comparer le résultat obtenu à une autre méthode de mesure.

La troisième, également effectuée par Perlas et al ^[56], a inclus 108 patients programmés pour une fibroscopie œsogastroduodénale sous AG. Les patients ingéraient une quantité précise de liquide clair, non connue par les opérateurs de l'échographie et de la fibroscopie, juste avant la mesure de la SA et la réalisation de la fibroscopie digestive. La SA était mesurée avant induction de la sédation, puis le volume du contenu gastrique était quantifié par aspiration via le fibroscope.

La dernière, menée par une équipe différente, a inclus 183 patients bénéficiant d'une chirurgie réglée ou en urgence sous AG ^[52]. Elle a comparé la mesure échographique de la SA réalisée avant induction de l'AG à une mesure du volume du contenu gastrique aspiré par une SNG posée après induction de l'AG et intubation orotrachéale (IOT).

Toutes ces études, exceptée la deuxième qui n'effectuait pas de mesure chiffrée, montrait une relation linéaire entre la mesure échographique de la SA et le volume du contenu gastrique. Au total, ces quatre études montraient qu'une mesure de la SA pourrait être un outil non invasif d'évaluation du contenu gastrique, utile pour estimer le risque d'inhalation péri opératoire.

4. Échographie gastrique et réanimation - urgences

Seules deux études à notre connaissance ont évalué l'échographie gastrique en réanimation.

Le premier travail utilisait l'échographie gastrique dans le cadre de l'évaluation du risque d'inhalation avant IOT en urgence ^[57]. Quatre-vingts patients nécessitant une IOT en urgence étaient inclus et bénéficiaient d'une échographie gastrique avant induction de l'AG. La présence de liquide dans l'estomac était notée chez 19 patients, dont 13 pour lesquels les expérimentateurs jugeaient la quantité suffisante pour évacuer le contenu

gastrique par aspiration via une SNG posée avant l'induction de l'AG. Il n'était cependant pas effectué de mesure chiffrée du contenu gastrique.

Le deuxième travail visait à évaluer l'échographie gastrique comme moyen de vérification de la bonne position de la SNG posée en réanimation ^[102]. La SNG était visualisée dans l'estomac à l'aide de l'examen échographique pour 34 des 35 patients inclus. Une radiographie thoracique était également réalisée pour chacun des patients et venait confirmer la position intragastrique de toutes les SNG posées dans le cadre de ce travail. Une étude similaire a été également réalisée en milieu préhospitalier et est venue confirmer que l'échographie gastrique pourrait être un moyen fiable de confirmation de la position de la SNG ^[103].

Matériels et méthodes

I. Patients

1. **Cadre de l'étude**

Cette étude prospective a été menée au sein du service de réanimation polyvalente de l'Hôpital d'Instruction des Armées (HIA) Clermont-Tonnerre de Brest, établissement de 200 lits médico-chirurgicaux comprenant 10 lits de réanimation, et du service de réanimation médicale du Centre Hospitalier Régional Universitaire (CHRU) de Brest, comprenant 15 lits de réanimation et 6 lits de soins continus.

La prise en charge des patients n'était pas modifiée par la participation à l'étude. L'indication de la pose d'une SNG et d'une NE était laissée à l'appréciation des médecins réanimateurs prescripteurs. La surveillance de la tolérance de la NE était effectuée comme habituellement dans le service, en mesurant le VRG par aspiration à la seringue via la SNG par l'infirmier(e).

Le Comité des Expérimentations et de l'Éthique de HIA Clermont-Tonnerre a accepté le protocole. Le consentement éclairé pour la participation à l'étude était recueilli soit auprès du patient si ce dernier pouvait le donner, soit auprès de la personne de confiance si le patient n'était pas compétent pour le donner au moment de son inclusion. Les sujets étaient libres à tout moment de quitter le

protocole expérimental. L'exploitation des données a été effectuée de manière anonyme.

2. Critères d'inclusion et d'exclusion

Les patients hospitalisés en réanimation bénéficiant d'une NE par SNG ont été inclus sur une période de 13 mois du 01/11/2011 au 01/08/2012 et du 01/12/2012 au 31/03/2013.

Les critères d'exclusion comprenaient l'âge inférieur à 18 ans, l'absence de recueil de consentement écrit, l'absence de NE, une nutrition délivrée via une sonde de jéjunostomie ou de gastrostomie percutanée endoscopique (GPE), un antécédent de gastrectomie ou d'œsophagectomie, un antécédent de chirurgie digestive récente (inférieure à 15 jours).

II. Méthodes

1. **Données recueillies**

Les données recueillies comprenaient des données socio démographiques (âge, sexe, motif d'admission en réanimation), des variables physiques (taille, poids, indice de masse corporelle), le score de gravité IGS 2 (Indice de Gravité Simplifié 2), des données concernant la réalisation de la mesure échographique de la SA (position du patient, difficulté de réalisation de la mesure), la mesure échographique de la SA (en cm²) et du VRG (en mL), réalisés selon le protocole décrit ci dessous.

2. **Déroulement des mesures**

a) Mesure échographique

Avant l'aspiration du résidu gastrique, un examen échographique de l'estomac était réalisé par l'investigateur principal. Une sonde ultrasonore type abdominale, curviligne (modèle C5-1) à basse fréquence (2 à 5 MHz) couplée à un échographe Philips CX 50 en réanimation à l'HIA et à un échographe Philips

iE 33 en réanimation au CHRU étaient utilisés (figure 12). Le préréglage « examen abdominal » des appareils était utilisé, le réglage final (gain, profondeur) était laissé à l'appréciation de l'opérateur.

Les patients étaient placés soit en décubitus dorsal (DD) en proclive entre 30 et 45° par rapport à l'horizontale, soit en décubitus latéral droit (DLD) et gardaient la même position lors de la mesure échographique de la SA et de la mesure du VRG. La sonde était placée dans le plan médian dans la région épigastrique (figure 13).

L'antrum gastrique était recherché en inclinant le capteur de droite à gauche et était habituellement visualisé dans un plan parasagittal à droite de la ligne médiane, entouré par le lobe gauche et le lobe caudé du foie et la veine cave inférieure en arrière (figure 14). Lorsque l'estomac est vide, l'antrum est aplati et ses parois sont collabées (figure 14). Lorsque l'estomac se remplit, l'antrum se distend et ses parois s'écartent (figure 15).

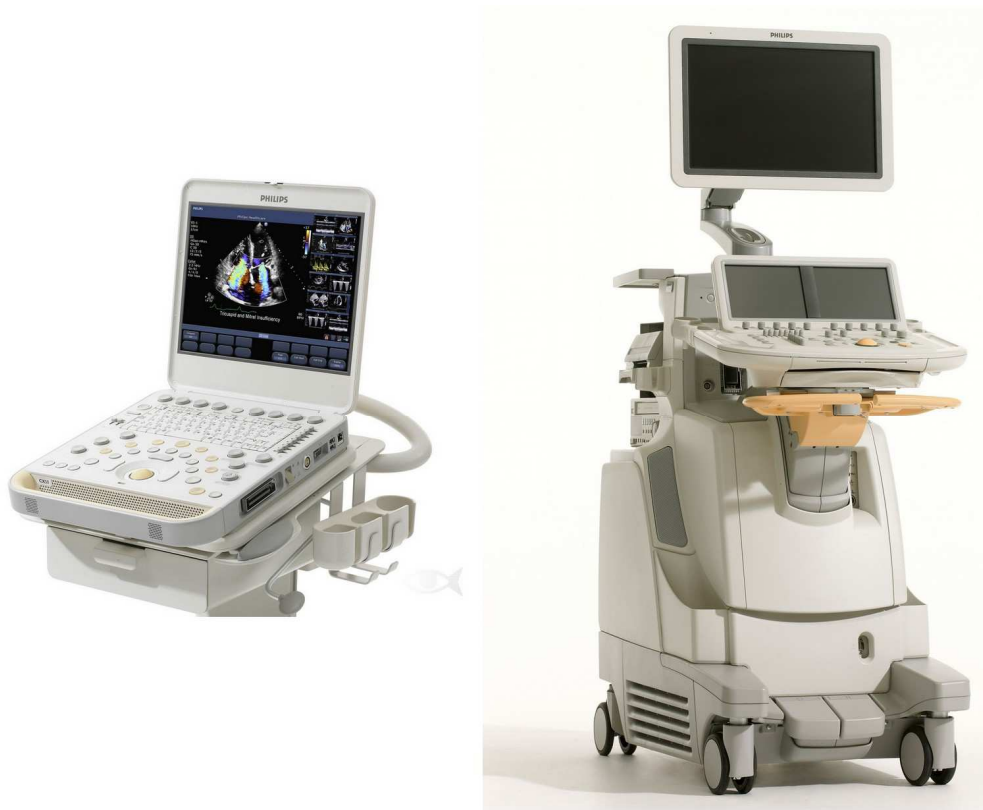


Figure 12 - Échographes Phillips CX 50 (à gauche) et iE 33 (à droite)

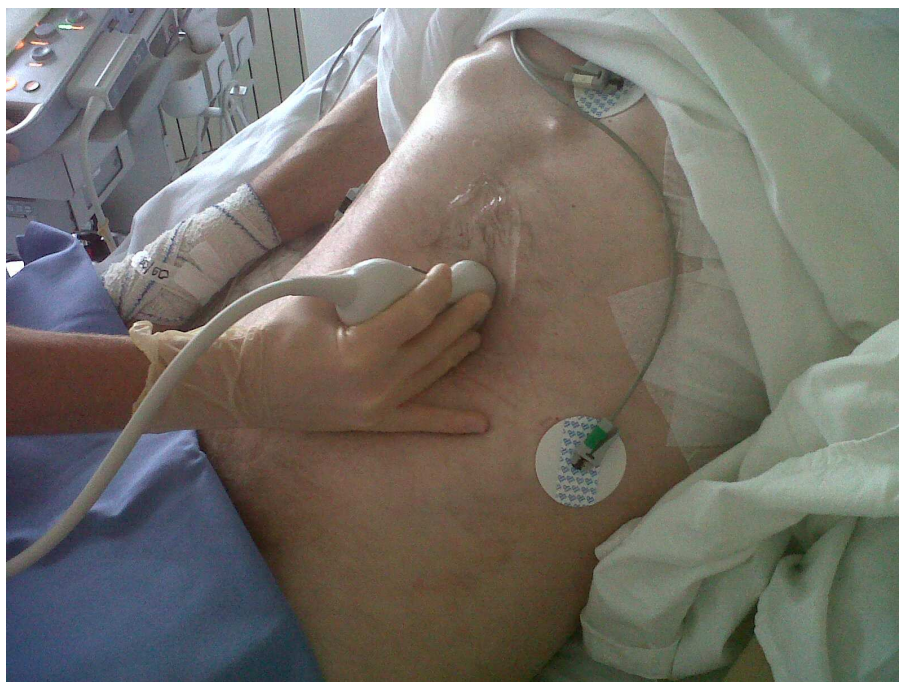


Figure 13 - Placement de la sonde échographique pour la réalisation d'une échographie gastrique

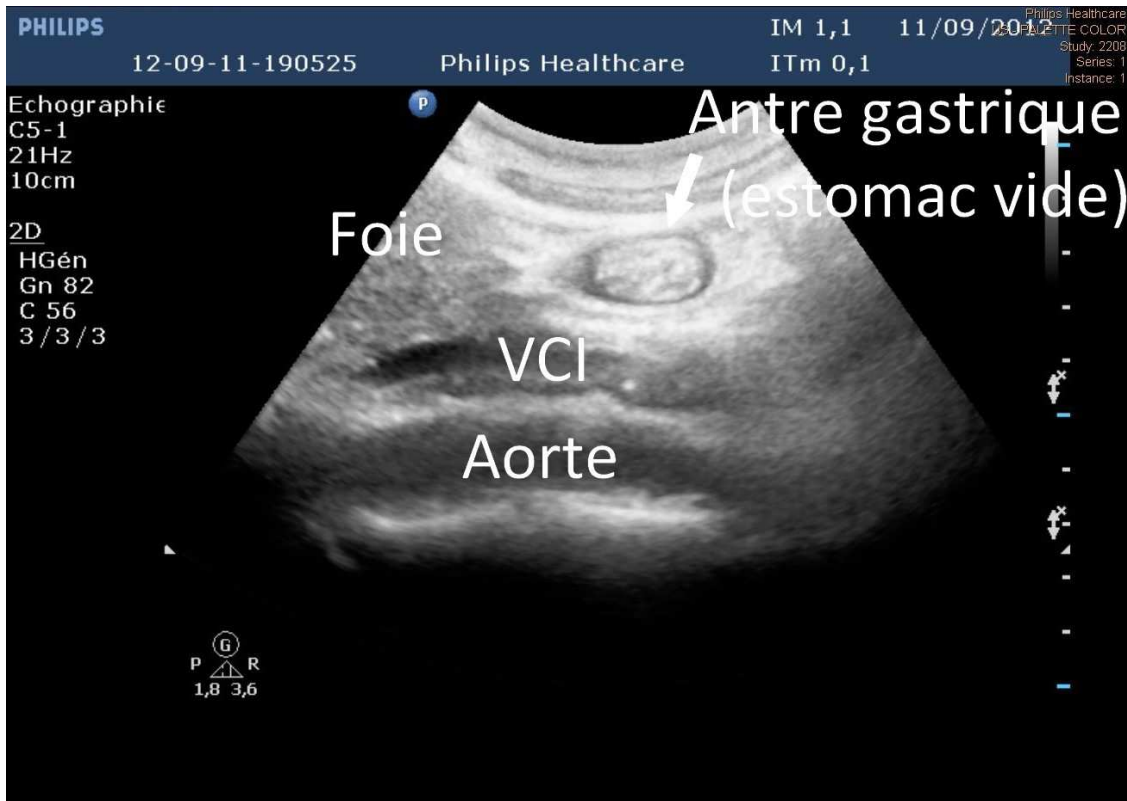


Figure 14 - Vue échographique d'un antre gastrique correspondant à un estomac vide

VCI : Veine Cave Inférieure



Figure 15 - Vue échographique d'un antre gastrique correspondant à un

VRG de 200 mL

Une mesure de la surface de la lumière interne de l'antrum était réalisée en dessinant les contours de la muqueuse gastrique. Cette mesure était appelée SA. Une seule mesure était effectuée si la SA était constante sur toute la longueur de l'antrum, une moyenne calculée sur deux mesures était retenue si la SA variait. La difficulté de la mesure (facile, difficile, impossible), conditionnée par la qualité des images obtenues, était également notée par l'opérateur. Les images échographiques et des boucles vidéo étaient sauvegardées afin de permettre une analyse consensuelle des mesures jugées difficiles auprès d'un référent non impliqué dans la prise en charge des patients, spécialiste en radiologie (Pr Rousset, HIA Clermont-Tonnerre).

b) Mesure du VRG

Juste après les mesures échographiques, une aspiration douce du contenu gastrique était effectuée par un(e) infirmier(e) à l'aide d'une sonde gastrique et d'une seringue de 50 mL, comme habituellement réalisé selon le protocole du service. L'infirmier(e) n'avait pas connaissance du résultat de la mesure échographique et notait le VRG recueilli en mL.

L'ensemble des données était reporté sur une feuille de recueil (annexe n°1) par l'investigateur. Un même patient pouvait bénéficier de plusieurs mesures à différents moments.

3. Analyse statistique

Les variables continues étaient exprimées en moyennes et écart-types si leur distribution était normale, ou en médianes et 25^{ème} et 75^{ème} percentile si leur distribution n'était pas normale. La normalité des échantillons était testée avec le test de Jarque-Bera. Une transformation logarithmique d'ordre 10 des résultats bruts était opérée si leur distribution n'était pas normale, puis la normalité de l'échantillon ainsi obtenu était testée. Une régression linéaire était réalisée avec calcul du coefficient de corrélation Pearson si la normalité de la distribution de l'échantillon était respectée. Une analyse de l'ensemble de la population puis de deux sous groupes selon la position du patient lors de la réalisation des mesures (DD ou DLD) étaient effectuées. L'étude statistique était réalisée à l'aide du logiciel Excel 2003 (Microsoft, Redmond, WA, Etats-Unis). Une valeur de $p < 0,05$ était considérée comme statistiquement significative.

Résultats

I. Inclusion des patients

Du 01/11/2011 au 01/08/2012, 279 patients ont été admis en réanimation polyvalente à l'HIA Clermont-Tonnerre, dont 65 ont bénéficié d'une NE via une SNG (figure 16). Parmi ces 65 patients éligibles à l'étude, 8 patients étaient exclus (5 car ils avaient bénéficié d'une chirurgie digestive ou thoracique récente, 3 car la mesure de la SA n'était pas possible), 4 patients n'ont pas bénéficié d'une mesure de SA en raison d'une indisponibilité de l'opérateur. Onze patients supplémentaires étaient inclus dans le service de réanimation médicale du CHRU de Brest entre le 01/12/2012 et le 31/03/2013.

Au total, 64 patients étaient inclus dans l'analyse, pour un total de 96 couples de mesures VRG/SA.

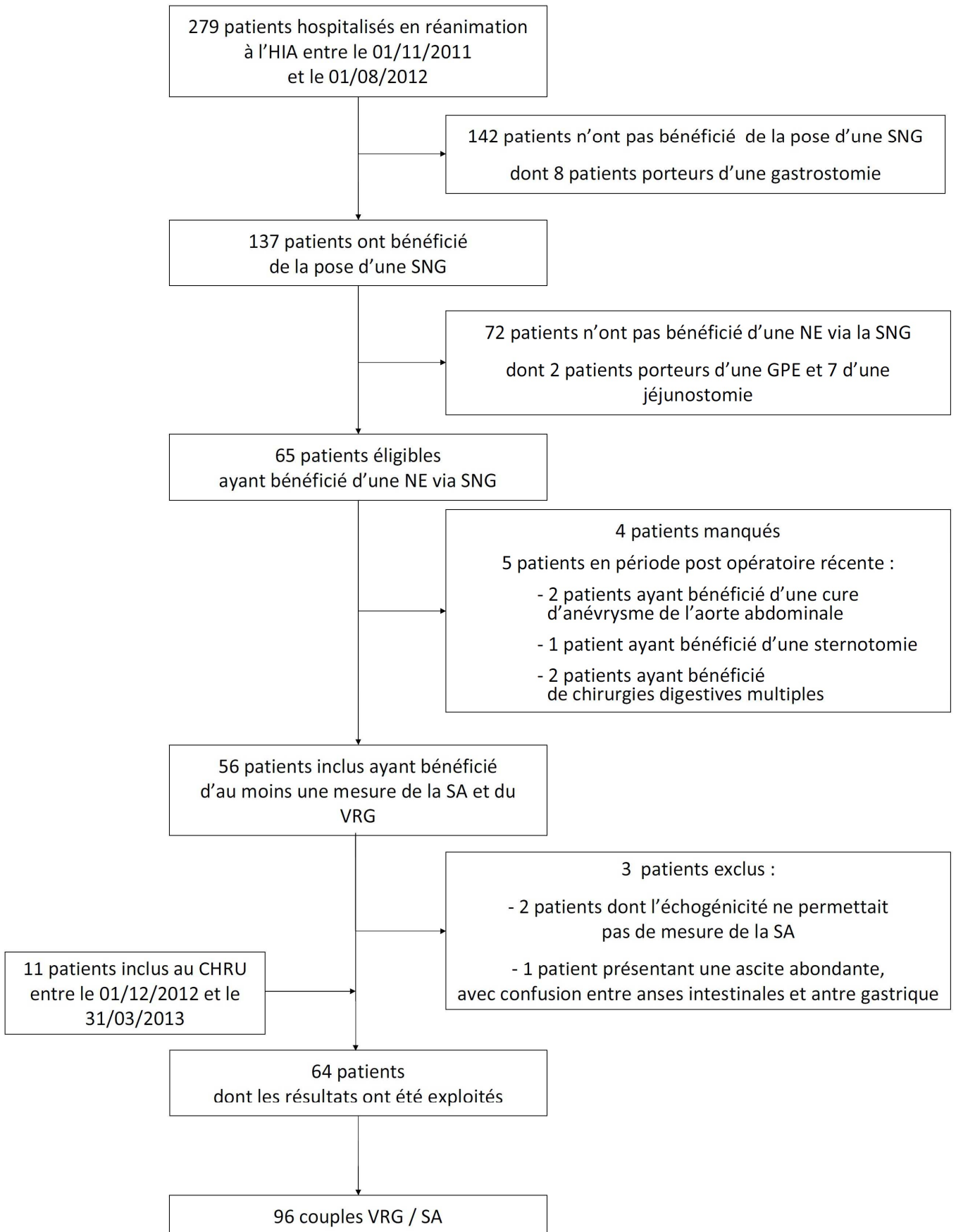


Figure 16 - Inclusion et suivi des patients inclus dans l'étude

II. Caractéristiques des patients

Les données démographiques des 64 patients inclus dans l'étude sont présentées dans le tableau 1.

Caractéristiques	Moyenne \pm écart-type
Âge (années)	65,3 \pm 14,1
Taille (cm)	169 \pm 8,7
Poids (kg)	76,2 \pm 19,2
IMC (kg/m ²)	26,7 \pm 6,2
IGS2	57,1 \pm 16,7
Durée séjour réanimation (jours)	23,7 \pm 18,4
	Nombre (%)
Sexe masculin	46 (72)
Motif d'admission médical	45 (70)

Tableau 1 - Données démographiques des patients inclus dans l'étude

III. Mesures échographiques

96 couples de mesures SA/VRG ont été effectués pour les 64 patients inclus. Trois patients supplémentaires éligibles n'ont pas bénéficié de l'évaluation échographique de la SA (figure 16). Le taux de succès de réalisation de l'examen échographique était donc de 96 %. Quarante-vingt cinq évaluations de SA ont été effectuées avec l'échographe CX 50 et 11 avec l'échographe iE 33. Les résultats des mesures échographiques figurent dans le tableau 2.

Caractéristiques	Résultats
SA moyenne \pm écart-type (cm ²)	2,7 \pm 2,9
SA médiane (cm ²)	1,8
SA 25 ^{ème} et 75 ^{ème} percentiles (cm ²)	0,8 – 3,4
Nombre de mesures SA faciles (%)	76 (79)

Tableau 2 - Résultats des mesures échographiques

Cette distribution ne suit pas une loi normale ($p < 0,0001$). Une transformation en logarithme d'ordre 10 de SA permet d'obtenir une distribution normale de $\log_{10}(SA)$.

IV. Mesures des VRG

Les résultats des mesures des VRG figurent dans le tableau 3.

Caractéristiques	Résultats (en mL)
VRG moyen \pm écart-type	53,9 \pm 72,5
VRG médian	18,5
VRG 25 ^{ème} et 75 ^{ème} percentiles	5 - 75

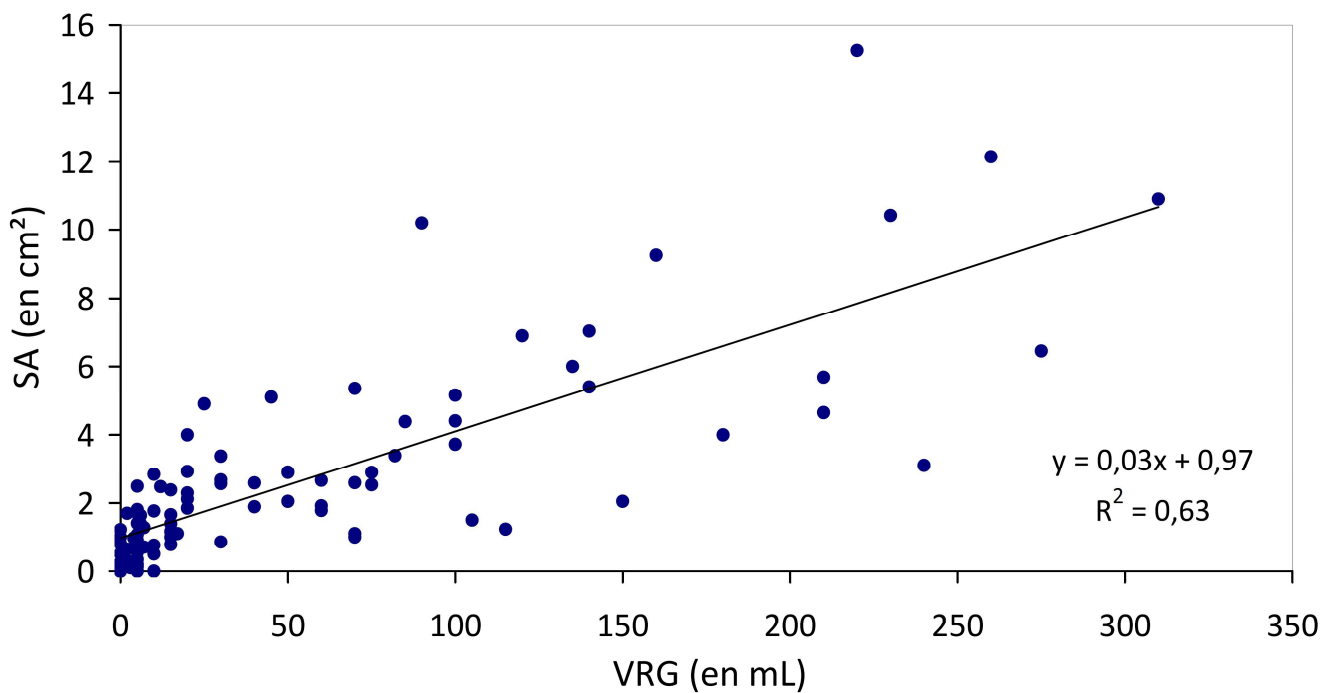
Tableau 3 - Résultats des mesures de VRG

Cette distribution ne suit pas une loi normale ($p < 0,0001$). Une transformation en logarithme d'ordre 10 de VRG permet d'obtenir une distribution normale de $\log_{10}(\text{VRG})$.

V. Couples VRG/SA

1. Valeurs brutes

L'ensemble des couples VRG / SA peut être représenté par un graphique avec le VRG en abscisse et la SA en ordonnée (figure 17).



2. Transformation logarithmique

L'ensemble des couples $\log_{10}(\text{VRG}) / \log_{10}(\text{SA})$ peut être représenté par un graphique avec $\log_{10}(\text{VRG})$ en abscisse et $\log_{10}(\text{SA})$ en ordonnée (figure 18).

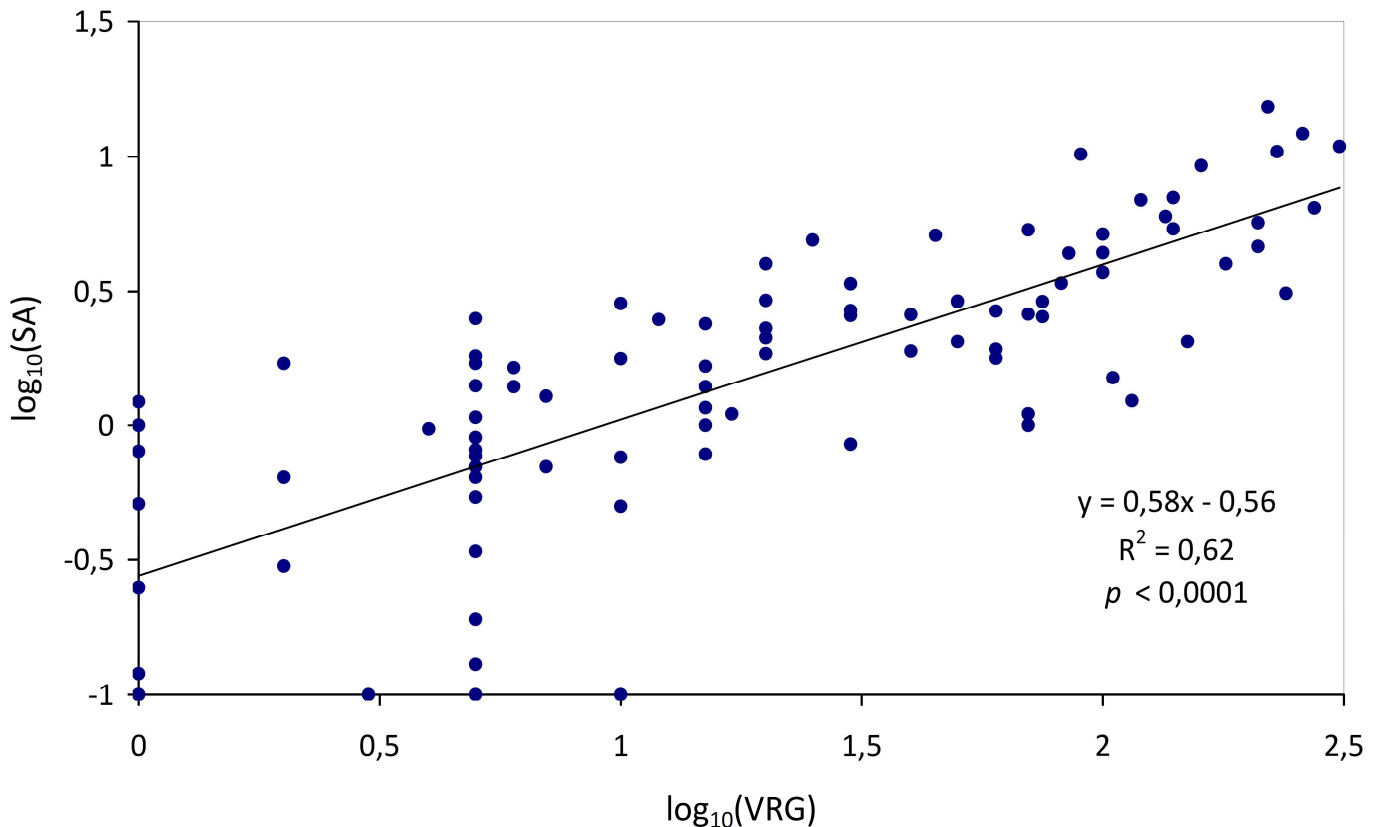


Figure 18 - Représentation graphique des couples $\log_{10}(\text{VRG})$ et $\log_{10}(\text{SA})$

Il existe une corrélation statistiquement significative entre $\log_{10}(\text{VRG})$ et $\log_{10}(\text{SA})$, dont le coefficient de corrélation R est égal à 0,79, à un seuil de significativité $p < 0,0001$.

L'équation reliant $\log_{10}(\text{SA})$ à $\log_{10}(\text{VRG})$ peut s'écrire comme suivant :

$$\log_{10}(\text{SA}) = 0,58 \log_{10}(\text{VRG}) - 0,56$$

3. Analyse en sous groupe selon la position

L'ensemble des couples VRG / SA séparés en deux sous groupes selon la position du patient au moment des mesures (DD ou DLD) peuvent être représentés par les deux graphiques suivants avec le $\log_{10}(\text{VRG})$ en abscisse et le $\log_{10}(\text{SA})$ en ordonnée (respectivement figures 19 et 20, voir page suivante). Soixante-dix et 26 couples de mesures VRG / SA ont été effectués respectivement en DD et en DLD.

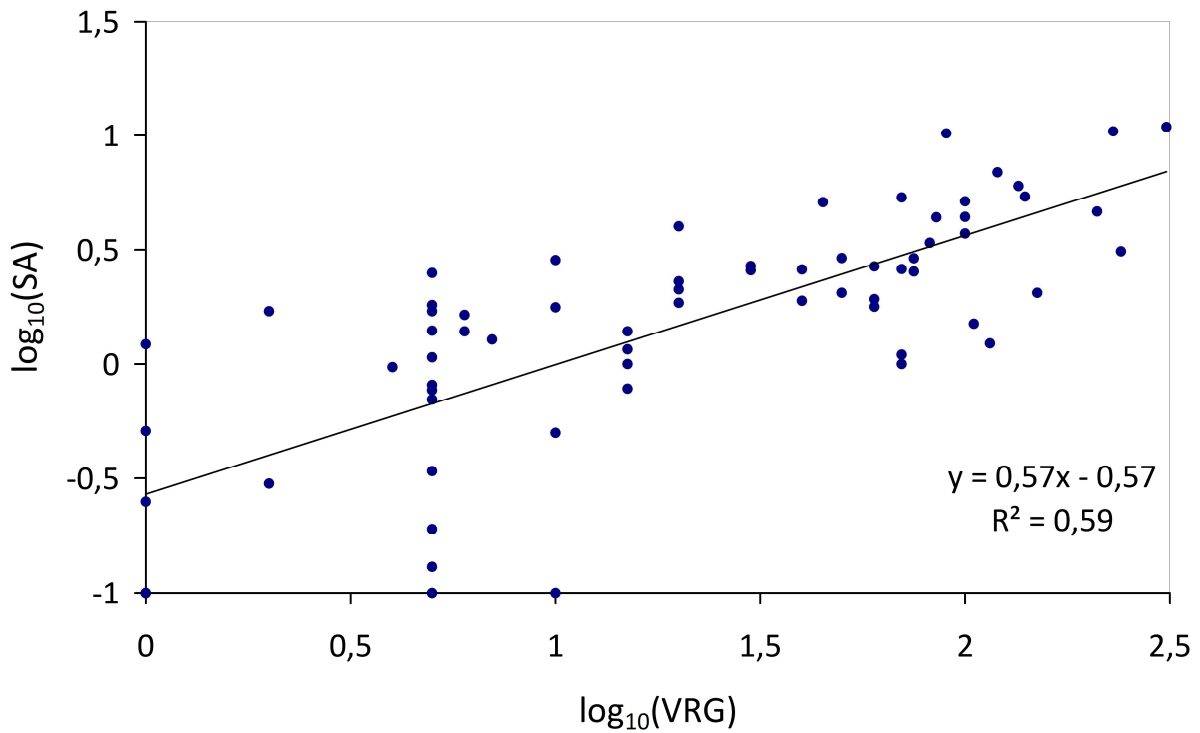


Figure 19 - Représentation graphique des couples $\log_{10}(\text{VRG})$ et $\log_{10}(\text{SA})$ pour les patients en DD

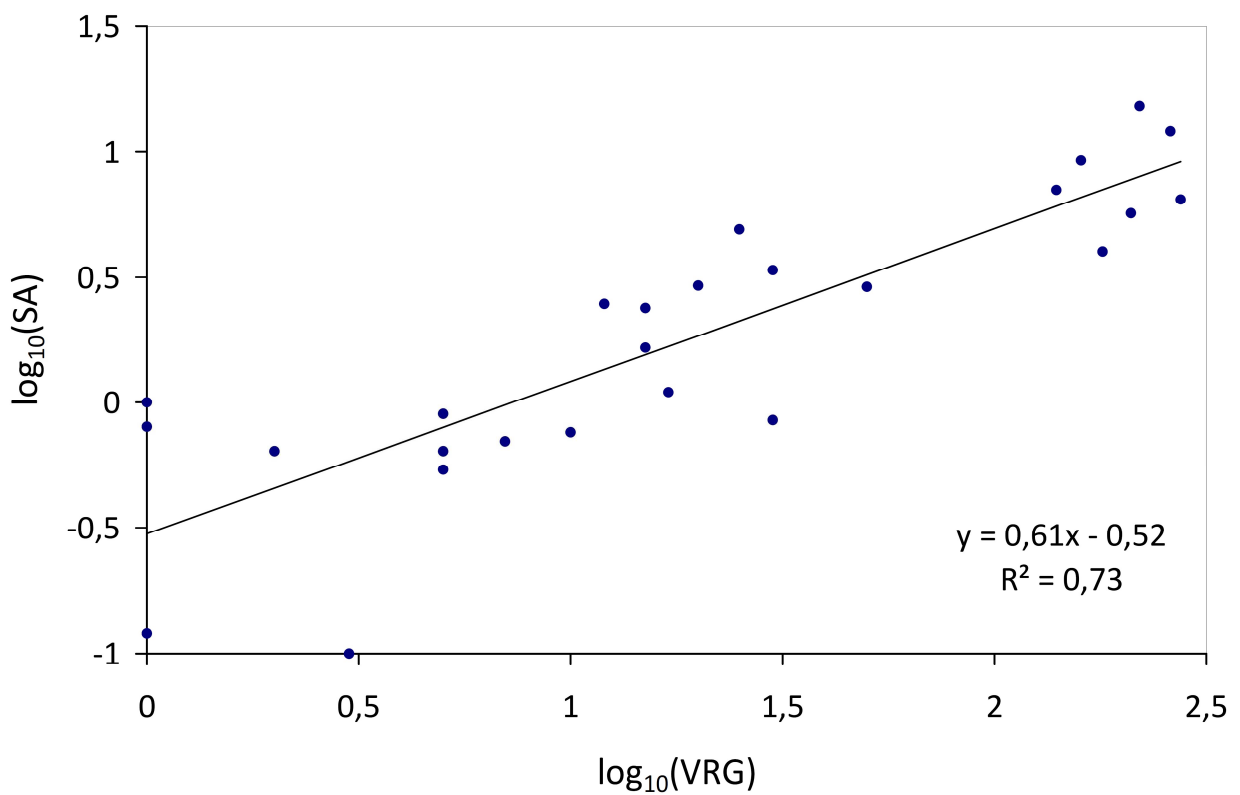


Figure 20 - Représentation graphique des couples $\log_{10}(\text{VRG})$ et $\log_{10}(\text{SA})$ pour les patients en DLD

Discussion

Notre étude suggère qu'il existe une corrélation entre la mesure échographique de la SA gastrique et la mesure du VRG effectué à la seringue chez les patients de réanimation bénéficiant d'une NE par SNG.

Ce résultat peut être expliqué de la manière suivante : une stase de liquide dans l'estomac, habituellement traduite par un VRG élevé, entraîne également une distension de l'ensemble de l'estomac et notamment de l'antrum gastrique situé à l'extrémité distale de l'estomac, en amont du duodénum. Une coupe dans l'axe médian permet de visualiser une coupe transversale de l'antrum gastrique et de mesurer sa surface. Plus il y a de liquide dans l'estomac, plus le VRG est élevé et plus l'estomac et donc l'antrum gastrique est distendu, ce qui se traduit par une SA plus étendue.

Ceci implique que la position du patient aurait également une influence sur la mesure de la SA. Ce phénomène a été observé dans la littérature^[53] et dans notre étude avec une tendance à une meilleure corrélation entre la mesure du VRG et la mesure de la SA lorsque le patient est en DLD par rapport à une position en DD. En effet, les liquides s'écoulant par gravité dans les zones déclives, une position en DLD entraîne une localisation préférentielle des liquides au niveau de la petite courbure et de l'antrum gastrique.

La mesure échographique de la SA est réalisable dans la très grande majorité des cas et facile pour l'opérateur. Cependant, la réalisation de la mesure échographique de SA aurait probablement été difficile voire impossible chez les patients en période post opératoire abdominale récente en raison de la présence de pansements abdominaux, ainsi que les patients aux antécédents d'œsophagectomie ou de gastrectomie dont l'anatomie est profondément remaniée, qui ont été exclus de l'étude. La réussite de la mesure échographique de SA a aussi été observée dans la littérature, avec 98,4 % de succès de réalisation de la mesure dans l'étude de Bouvet et al.^[52].

Notre étude est la première à évaluer l'utilisation de la mesure de la SA échographique en réanimation.

Parmi les deux travaux à notre connaissance ayant évalué l'échographie gastrique en réanimation, seul le travail mené par Koenig s'est intéressé à l'évaluation du contenu gastrique. Cependant seule une appréciation visuelle du contenu gastrique a été réalisée avant induction d'une AG pour IOT en urgence sans mesure chiffrée du volume compris dans l'estomac, ce qui ne permet pas de comparaison avec nos résultats.

A l'inverse, trois études effectuées en anesthésie rapportent une comparaison entre mesure échographique de SA et mesure du contenu gastrique. Perlas et al.^[53] ont établi une relation entre la mesure échographique de SA et un volume de liquide ingéré précis, non connu par l'opérateur de l'échographie, avec un

coefficient de corrélation R de 0,76. Il est de plus constaté une meilleure corrélation lorsque la SA était mesurée chez un sujet en position de DLD par rapport à une position en DD. Cependant cette expérimentation était réalisée dans un groupe de volontaires sains.

La deuxième étude par Bouvet et al.^[52] a quant à elle été menée au sein d'une population de patients bénéficiant d'une AG pour une intervention réglée ou en urgence. La mesure de la SA a été réalisée avant induction de l'AG, puis une SNG a été posée après IOT et a permis de quantifier le volume du contenu gastrique par aspiration. Il existe une corrélation entre la SA et le volume aspiré dont le coefficient de corrélation R est de 0,72.

La dernière étude a été également effectuée par Perlas et al.^[56] et a visé à valider le modèle mathématique précédemment établi par cette même équipe. La population étudiée est un échantillon de patients programmés pour une fibroscopie œsogastroduodénale. Les patients ont ingéré une quantité précise de liquide clair juste avant la mesure de la SA et réalisation de la fibroscopie digestive. La SA a été mesurée avant induction de la sédation, puis le volume du contenu gastrique a été quantifié par aspiration via le fibroscope par le gastroentérologue. Le modèle mathématique précédent a été modifié, il existe une corrélation entre SA et mesure du volume gastrique aspiré par le fibroscope, dont le coefficient de corrélation R est de 0,85. Le meilleur coefficient de corrélation pourrait s'expliquer par la réalisation exclusive des mesures de SA

en DLD et par la grande précision de la technique de référence choisie ici avec l'aspiration complète du contenu gastrique par fibroscopie gastrique.

Notre travail se différencie des trois précédents par de nombreux points.

La population étudiée est différente, puisque notre étude a été réalisée en réanimation.

Le contenu gastrique est constitué de liquide de NE dans notre travail, à la différence des études en anesthésie où le contenu est soit un liquide clair (équipe de Perlas) soit le contenu « spontané » de l'estomac (équipe de Bouvet). L'objectif de notre travail, l'évaluation de la tolérance de la NE, n'a rien en commun avec celui des études précédentes qui se sont intéressées à l'évaluation du contenu gastrique dans le cadre du risque d'inhalation périopératoire.

La méthode de mesure de la SA est également différente puisque nous avons mesuré la SA en effectuant un contour précis de la surface interne de l'antrum contrairement aux autres études qui ont estimé la SA en mesurant deux diamètres (antéro-postérieur AP et crano-caudal CC ; $SA = AP \times CC \times \pi / 4$). Nous n'avons en effet pas calculé de surface d'ellipse car la coupe de l'estomac n'est pas toujours régulière. Il aurait cependant été intéressant d'effectuer les deux mesures (contour et calcul de surface par mesure de diamètre) afin de les comparer.

Malgré ces différences, le coefficient de corrélation R, d'une valeur de 0,79 ici, semble néanmoins comparable aux valeurs obtenues dans la littérature.

Notre étude comporte certaines limites.

Il existe des limites liées à la technique échographique.

Elle n'est pas réalisable dans un certain nombre de situations comme celles décrites dans les critères d'exclusion de l'étude (antécédent récent de chirurgie abdominale, antécédent d'œsophagectomie ou gastrectomie) ou une position en décubitus ventral.

La présence d'un épanchement péritonéal peut gêner la réalisation de l'examen échographique car l'aspect échographique des multiples anses intestinales flottant dans l'épanchement est similaire à celui de l'antra gastrique et empêche donc d'identifier formellement cette dernière.

Un iléus digestif peut également venir perturber l'image échographique, car la présence d'air dans le tube digestif constitue une barrière acoustique et empêche l'obtention d'une image échographique de bonne qualité.

Enfin, la réalisation d'une échographie abdominale peut se révéler difficile chez les patients obèses ou âgés devant une qualité d'image parfois médiocre en raison respectivement de la plus grande épaisseur de tissu à traverser par les US et de la modification du tissu musculaire ^[104].

Il existe également des limites liées à l'étude elle-même.

Seul un nombre modeste de patients avec un VRG supérieur à 150 mL a été inclus. L'intolérance digestive haute n'a pas été souvent observée chez les patients de réanimation inclus dans notre étude. Le faible nombre de VRG

élevés nous empêche de conclure sur la sensibilité et la spécificité de la SA à prédire un VRG supérieur à 150 mL qui serait la valeur la plus faible d'un VRG à considérer comme significatif (voir partie généralités, paragraphe A. V. 3.).

Deux échographes différents ont été utilisés, ce qui pourrait introduire un biais de mesure dans nos résultats. Cependant, les deux échographes provenaient du même constructeur et le même modèle de sonde a été utilisé. De plus, cette limite pourrait aussi être une force, car elle démontre que la mesure de la SA est possible avec différents appareils et serait donc applicable à de nombreuses unités de réanimation.

Un seul opérateur a réalisé les échographies, ce qui ne permet pas de conclure sur la reproductibilité inter opérateur, mais limite également les biais de mesures liés à l'opérateur.

La mesure échographique de la SA comporte des avantages comparés à la mesure classique du VRG.

Il s'agit d'une technique non invasive, de faible coût en dehors de l'achat d'un échographe dont l'immense majorité des unités de réanimation est dotée à l'heure actuelle pour ses nombreuses applications exposées dans la partie généralités, paragraphe B II.

Elle permet d'estimer le VRG sans effectuer d'aspiration du contenu gastrique et évite donc d'interrompre la NE voire de rejeter le contenu gastrique, le liquide aspiré lors de la quantification du VRG étant le plus souvent supprimé. Une

évaluation de la tolérance de la NE par mesure de la SA pourrait ainsi contribuer à lutter contre la dénutrition des patients en réanimation et à limiter les coûts (le prix d'un litre de liquide de NE varie de 2 à 11 euros) liés au rejet du liquide de NE prélevés pour mesurer le VRG par aspiration à la seringue.

La réalisation d'une mesure de la SA pourrait être utile avant de débiter la NE afin d'estimer le VRG et ainsi de déceler un éventuel iléus déjà présent.

L'échographie du tube digestif s'effectue en temps réel, permettant la visualisation des mouvements péristaltiques ^[105]. Cet indice n'a jamais été étudié dans le cadre de la tolérance de la NE en réanimation et pourrait faire également l'objet d'une étude clinique.

La bonne corrélation retrouvée entre la mesure de la SA et du VRG, ainsi que la confirmation par un spécialiste de la bonne qualité des mesures échographiques effectuées montrent que cette technique est réalisable par un anesthésiste-réanimateur, non spécialiste en imagerie médicale. La facilité de la mesure dans la majorité des cas permet d'envisager l'enseignement de cet examen à d'autres personnels non spécialisés en échographie. Il serait par exemple intéressant d'évaluer l'enseignement et la fiabilité de mesures échographiques de la SA chez des infirmiers de réanimation qui sont actuellement les acteurs de la surveillance de la tolérance de la NE en réanimation. La réalisation d'exams échographiques par les infirmiers peut être autorisée dans le cadre de la coopération entre professionnels de santé (Code de la santé publique, articles

L4011-1 à L4011-3), qui a permis la mise au point de protocoles d'études évaluant par exemple la pratique d'échocardiographies par des infirmiers encadrés par des cardiologues dans la région Alsace et Rhône-Alpes.

Il serait également nécessaire d'évaluer la reproductibilité inter opérateur de cet examen, car elle n'a jusqu'à présent pas été appréciée.

L'apprentissage de cette technique en réanimation permettrait par la suite d'être appliquée en anesthésie où elle viserait à identifier les patients à l'estomac plein avant induction d'une AG. La réanimation pourrait être un lieu d'enseignement adapté à cette technique car les mesures échographiques de la SA y seraient effectuées en toute sécurité et à n'importe quel moment chez des patients intubés et ventilés dans le cadre de la surveillance de la tolérance de la NE.

Conclusion

La mesure échographique de la SA semble être un reflet du VRG mesuré par aspiration à la seringue via la SNG du contenu gastrique des patients de réanimation bénéficiant d'une NE par une SNG. Cet examen pourrait faire partie des examens échographiques quotidiennement utilisés en réanimation en complément de l'évaluation clinique par les médecins réanimateurs et ainsi éviter la réalisation des aspirations gastriques dont l'intérêt est actuellement discuté. Il pourrait être enseigné auprès des infirmier(e)s qui sont les acteurs quotidiens de la surveillance de la NE.

L'utilisation de cette technique serait également possible dans d'autres applications, comme l'évaluation du contenu gastrique avant induction d'une AG, qui est actuellement un sujet de recherche clinique en anesthésie.

Bibliographie

1. Barnoud D. Indications à la nutrition entérale en réanimation, aspects quantitatifs et qualitatifs. *Réanimation* 2003;12(5):355-9.
2. Kreymann KG, Berger MM, Deutz NEP, Hiesmayr M, Jolliet P, Kazandjiev G, et al. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensive care. *Clin Nutr Edinb Scotl* 2006;25(2):210-23.
3. Martindale RG, McClave SA, Vanek VW, McCarthy M, Roberts P, Taylor B, et al. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition: Executive Summary. *Crit Care Med* 2009;37(5):1757-61.
4. Fernández-Ortega JF, Herrero Meseguer JI, Martínez García P. Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in the critically-ill patient: update. Consensus SEMICYUC-SENPE: indications, timing and routes of nutrient delivery. *Nutr Hosp Organo Of Soc Española Nutr Parenter Enter* 2011;26 Suppl 2:7-11.
5. Heyland DK, Dhaliwal R, Drover JW, Gramlich L, Dodek P. Canadian clinical practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2003;27(5):355-73.
6. Drakulovic MB, Torres A, Bauer TT, Nicolas JM, Nogué S, Ferrer M. Supine body position as a risk factor for nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a randomised trial. *Lancet* 1999;354(9193):1851-8.
7. Torres A, Serra-Batlles J, Ros E, Piera C, Puig de la Bellacasa J, Cobos A, et al. Pulmonary aspiration of gastric contents in patients receiving mechanical ventilation: the effect of body position. *Ann Intern Med* 1992;116(7):540-3.
8. Giner M, Laviano A, Meguid MM, Gleason JR. In 1995 a correlation between malnutrition and poor outcome in critically ill patients still exists. *Nutr Burbank Los Angeles Cty Calif* 1996;12(1):23-9.

9. Naber TH, Schermer T, de Bree A, Nusteling K, Eggink L, Kruimel JW, et al. Prevalence of malnutrition in nonsurgical hospitalized patients and its association with disease complications. *Am J Clin Nutr* 1997;66(5):1232-9.
10. Monk DN, Plank LD, Franch-Arcas G, Finn PJ, Streat SJ, Hill GL. Sequential changes in the metabolic response in critically injured patients during the first 25 days after blunt trauma. *Ann Surg* 1996;223(4):395-405.
11. Perioperative total parenteral nutrition in surgical patients. The Veterans Affairs Total Parenteral Nutrition Cooperative Study Group. *N Engl J Med* 1991;325(8):525-32.
12. Benotti PN, Bistrain B. Metabolic and nutritional aspects of weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1989;17(2):181-5.
13. Phornphatkul C, Pongprot Y, Suskind R, George V, Fuchs G. Cardiac function in malnourished children. *Clin Pediatr (Phila)* 1994;33(3):147-54.
14. Alberda C, Gramlich L, Jones N, Jeejeebhoy K, Day AG, Dhaliwal R, et al. The relationship between nutritional intake and clinical outcomes in critically ill patients: results of an international multicenter observational study. *Intensive Care Med* 2009;35(10):1728-37.
15. Schmidt H, Martindale R. The gastrointestinal tract in critical illness. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2001;4(6):547-51.
16. Stechmiller JK, Treloar D, Allen N. Gut dysfunction in critically ill patients: a review of the literature. *Am J Crit Care Off Publ Am Assoc Crit-Care Nurses* 1997;6(3):204-9.
17. Hadfield RJ, Sinclair DG, Houldsworth PE, Evans TW. Effects of enteral and parenteral nutrition on gut mucosal permeability in the critically ill. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152(5 Pt 1):1545-48.
18. Buchman AL, Moukarzel AA, Bhuta S, Belle M, Ament ME, Eckhert CD, et al. Parenteral nutrition is associated with intestinal morphologic and functional changes in humans. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1995;19(6):453-60.
19. Okamoto K, Fukatsu K, Hashiguchi Y, Ueno H, Shinto E, Moriya T, et al. Lack of Preoperative Enteral Nutrition Reduces Gut-Associated Lymphoid Cell Numbers in Colon Cancer Patients: A Possible Mechanism Underlying Increased Postoperative Infectious Complications During Parenteral Nutrition. *Ann Surg* 2012; [en cours de publication].

20. Kudsk KA. Current aspects of mucosal immunology and its influence by nutrition. *Am J Surg* 2002;183(4):390-8.
21. Kang W, Gomez FE, Lan J, Sano Y, Ueno C, Kudsk KA. Parenteral nutrition impairs gut-associated lymphoid tissue and mucosal immunity by reducing lymphotoxin Beta receptor expression. *Ann Surg* 2006;244(3):392-9.
22. Jonker MA, Hermsen JL, Sano Y, Heneghan AF, Lan J, Kudsk KA. Small intestine mucosal immune system response to injury and the impact of parenteral nutrition. *Surgery* 2012;151(2):278-86.
23. Windsor AC, Kanwar S, Li AG, Barnes E, Guthrie JA, Spark JJ, et al. Compared with parenteral nutrition, enteral feeding attenuates the acute phase response and improves disease severity in acute pancreatitis. *Gut* 1998;42(3):431-5.
24. Gramlich L, Kichian K, Pinilla J, Rodych NJ, Dhaliwal R, Heyland DK. Does enteral nutrition compared to parenteral nutrition result in better outcomes in critically ill adult patients? A systematic review of the literature. *Nutr Burbank Los Angeles Cty Calif* 2004;20(10):843-8.
25. Flancbaum L, Choban PS, Sambucco S, Verducci J, Burge JC. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 1999;69(3):461-6.
26. Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA* 1918;4(12):370-3.
27. Roza AM, Shizgal HM. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. *Am J Clin Nutr* 1984;40(1):168-82.
28. Wilmore DW, Kinney JM. Panel report on nutritional support of patients with trauma or infection. *Am J Clin Nutr* 1981;34(6 Suppl):1213-22.
29. Doig GS, Heighes PT, Simpson F, Sweetman EA, Davies AR. Early enteral nutrition, provided within 24 h of injury or intensive care unit admission, significantly reduces mortality in critically ill patients: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Intensive Care Med* 2009;35(12):2018-27.
30. Cahill NE, Dhaliwal R, Day AG, Jiang X, Heyland DK. Nutrition therapy in the critical care setting: what is « best achievable » practice? *An*

- international multicenter observational study. *Crit Care Med* 2010;38(2):395-401.
31. Heyland D, Cook DJ, Winder B, Brylowski L, Van de Mark H, Guyatt G. Enteral nutrition in the critically ill patient: a prospective survey. *Crit Care Med* 1995;23(6):1055-60.
 32. Montejo JC, Grau T, Acosta J, Ruiz-Santana S, Planas M, García-De-Lorenzo A, et al. Multicenter, prospective, randomized, single-blind study comparing the efficacy and gastrointestinal complications of early jejunal feeding with early gastric feeding in critically ill patients. *Crit Care Med* 2002;30(4):796-800.
 33. Reintam Blaser A, Malbrain MLNG, Starkopf J, Fruhwald S, Jakob SM, De Waele J, et al. Gastrointestinal function in intensive care patients: terminology, definitions and management. Recommendations of the ESICM Working Group on Abdominal Problems. *Intensive Care Med* 2012;38(3):384-94.
 34. Kesek DR, Akerlind L, Karlsson T. Early enteral nutrition in the cardiothoracic intensive care unit. *Clin Nutr Edinb Scotl* 2002;21(4):303-7.
 35. Montejo JC. Enteral nutrition-related gastrointestinal complications in critically ill patients: a multicenter study. The Nutritional and Metabolic Working Group of the Spanish Society of Intensive Care Medicine and Coronary Units. *Crit Care Med* 1999;27(8):1447-53.
 36. Mentec H, Dupont H, Bocchetti M, Cani P, Ponche F, Bleichner G. Upper digestive intolerance during enteral nutrition in critically ill patients: frequency, risk factors, and complications. *Crit Care Med* 2001;29(10):1955-61.
 37. Dive A, Moulart M, Jonard P, Jamart J, Mahieu P. Gastroduodenal motility in mechanically ventilated critically ill patients: a manometric study. *Crit Care Med* 1994;22(3):441-7.
 38. Tarling MM, Toner CC, Withington PS, Baxter MK, Whelpton R, Goldhill DR. A model of gastric emptying using paracetamol absorption in intensive care patients. *Intensive Care Med* 1997;23(3):256-60.
 39. Heyland DK, Tougas G, King D, Cook DJ. Impaired gastric emptying in mechanically ventilated, critically ill patients. *Intensive Care Med* 1996;22(12):1339-44.

40. MacLaren R, Kuhl DA, Gervasio JM, Brown RO, Dickerson RN, Livingston TN, et al. Sequential single doses of cisapride, erythromycin, and metoclopramide in critically ill patients intolerant to enteral nutrition: a randomized, placebo-controlled, crossover study. *Crit Care Med* 2000;28(2):438-44.
41. Heidegger CP, Berger MM, Graf S, Zingg W, Darmon P, Costanza MC, et al. Optimisation of energy provision with supplemental parenteral nutrition in critically ill patients: a randomised controlled clinical trial. *Lancet* 2013;381(9864):385-93.
42. Moreira TV, McQuiggan M. Methods for the assessment of gastric emptying in critically ill, enterally fed adults. *Nutr Clin Pr Off Publ Am Soc Parenter Enter Nutr* 2009;24(2):261-73.
43. Zaloga GP. The myth of the gastric residual volume. *Crit Care Med* 2005;33(2):449-50.
44. Thuong M. Recommandations des experts de la Société de Réanimation de Langue Française Nutrition entérale en réanimation Experts recommendations of the Société de Réanimation de Langue Française Enteral nutrition in critical care. *Réanimation* 2003;12(5):350-4.
45. McClave SA, Lukan JK, Stefater JA, Lowen CC, Looney SW, Matheson PJ, et al. Poor validity of residual volumes as a marker for risk of aspiration in critically ill patients. *Crit Care Med* 2005;33(2):324-30.
46. Reignier J, Mercier E, Le Gouge A, Boulain T, Desachy A, Bellec F, et al. Effect of not monitoring residual gastric volume on risk of ventilator-associated pneumonia in adults receiving mechanical ventilation and early enteral feeding: a randomized controlled trial. *JAMA J Am Med Assoc* 2013;309(3):249-56.
47. Soulsby CT, Khela M, Yazaki E, Evans DF, Hennessy E, Powell-Tuck J. Measurements of gastric emptying during continuous nasogastric infusion of liquid feed: electric impedance tomography versus gamma scintigraphy. *Clin Nutr Edinb Scotl* 2006;25(4):671-80.
48. Sanaka M, Kuyama Y, Yamanaka M. Guide for judicious use of the paracetamol absorption technique in a study of gastric emptying rate of liquids. *J Gastroenterol* 1998;33(6):785-91.
49. Chapman MJ, Besanko LK, Burgstad CM, Fraser RJ, Bellon M, O'Connor S, et al. Gastric emptying of a liquid nutrient meal in the critically ill:

- relationship between scintigraphic and carbon breath test measurement. *Gut* 2011;60(10):1336-43.
50. Chang W-K, McClave SA, Hsieh C-B, Chao Y-C. Gastric residual volume (GRV) and gastric contents measurement by refractometry. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2007;31(1):63-8.
 51. Bouvet L, Miquel A, Chassard D, Boselli E, Allaouchiche B, Benhamou D. Could a single standardized ultrasonographic measurement of antral area be of interest for assessing gastric contents? A preliminary report. *Eur J Anaesthesiol* 2009;26(12):1015-9.
 52. Bouvet L, Mazoit J-X, Chassard D, Allaouchiche B, Boselli E, Benhamou D. Clinical Assessment of the Ultrasonographic Measurement of Antral Area for Estimating Preoperative Gastric Content and Volume. *Anesthesiology* 2011;114(5):1086-92.
 53. Perlas A, Chan VWS, Lupu CM, Mitsakakis N, Hanbidge A. Ultrasound assessment of gastric content and volume. *Anesthesiology* 2009;111(1):82-9.
 54. Perlas A, Davis L, Khan M, Mitsakakis N, Chan VWS. Gastric sonography in the fasted surgical patient: a prospective descriptive study. *Anesth Analg* 2011;113(1):93-7.
 55. Cubillos J, Tse C, Chan VWS, Perlas A. Bedside ultrasound assessment of gastric content: an observational study. *Can J Anaesth J Can Anesth* 2012;59(4):416-23.
 56. Perlas A, Mitsakakis N, Liu L, Cino M, Haldipur N, Davis L, et al. Validation of a mathematical model for ultrasound assessment of gastric volume by gastroscopic examination. *Anesth Analg* 2013;116(2):357-63.
 57. Koenig SJ, Lakticova V, Mayo PH. Utility of ultrasonography for detection of gastric fluid during urgent endotracheal intubation. *Intensive Care Med* 2011;37(4):627-31.
 58. Dussik KT. On the possibility of using ultrasound waves as a diagnostic aid. *Neurol Psychiat* 1942;174:153-68.
 59. Edler I, Lindström K. The history of echocardiography. *Ultrasound Med Biol* 2004;30(12):1565-644.

60. Donald I, Macvicar J, Brown RD Jr. Investigation of abdominal masses by pulsed ultrasound. *Lancet* 1958;1(7032):1188-95.
61. Kneeshaw JD. Transoesophageal echocardiography (TOE) in the operating room. *Br J Anaesth* 2006;97(1):77-84.
62. Klein AA, Snell A, Nashef SAM, Hall RMO, Kneeshaw JD, Arrowsmith JE. The impact of intra-operative transoesophageal echocardiography on cardiac surgical practice. *Anaesthesia* 2009;64(9):947-52.
63. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. An updated report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. *Anesthesiology* 2010;112(5):1084-96.
64. La Grange P, Foster PA, Pretorius LK. Application of the Doppler ultrasound bloodflow detector in supraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth* 1978;50(9):965-67.
65. Ting PL, Sivagnanaratnam V. Ultrasonographic study of the spread of local anaesthetic during axillary brachial plexus block. *Br J Anaesth* 1989;63(3):326-9.
66. Bouaziz H, Aubrun F, Belbachir AA, Cuvillon P, Eisenberg E, Jochum D, et al. Échographie en anesthésie locorégionale. *Ann Françaises Anesthésie Réanimation* 2011;30(9):e33-e35.
67. Bogin IN, Stulin ID. [Application of the method of 2-dimensional echospondylography for determining landmarks in lumbar punctures]. *Zhurnal Nevropatol Psikhiatrii Im SS Korsakova Mosc Russ* 1952 1971;71(12):1810-1.
68. Grau T, Leipold RW, Horter J, Conradi R, Martin E, Motsch J. The lumbar epidural space in pregnancy: visualization by ultrasonography. *Br J Anaesth* 2001;86(6):798-804.
69. National Institute for Clinical Excellence. Ultrasound-guided catheterisation of the epidural space. *Interventional Procedures Programme n°249*. Janvier 2008. Disponible sur <http://www.nice.org.uk>.
70. Vieillard-Baron A, Prin S, Chergui K, Dubourg O, Jardin F. Hemodynamic instability in sepsis: bedside assessment by Doppler echocardiography. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168(11):1270-6.

71. Feissel M, Michard F, Mangin I, Ruyer O, Faller JP, Teboul JL. Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock. *Chest* 2001;119(3):867-73.
72. Vieillard-Baron A, Schmitt JM, Augarde R, Fellahi JL, Prin S, Page B, et al. Acute cor pulmonale in acute respiratory distress syndrome submitted to protective ventilation: incidence, clinical implications, and prognosis. *Crit Care Med* 2001;29(8):1551-5.
73. Lichtenstein D. Échographie pulmonaire en réanimation et aux urgences. *Réanimation* 2008;17(8):722-30.
74. Vignon P, Chastagner C, Berkane V, Chardac E, François B, Normand S, et al. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit Care Med* 2005;33(8):1757-63.
75. Lichtenstein D, Mezière G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. *Intensive Care Med* 1998;24(12):1331-4.
76. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest* 2008;134(1):117-25.
77. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012;38(4):577-91.
78. National Institute for Clinical Excellence. Guidance on the use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. Technology Appraisal Guidance No. 49. Septembre 2002. Disponible sur <http://www.nice.org.uk>.
79. Shojania KG, Duncan BW, McDonald KM, Wachter RM, Markowitz AJ. Making health care safer: a critical analysis of patient safety practices. *Evid Rep Technol Assess (Summ)* 2001;(43):i-x, 1-668.
80. Ullman JI, Stoelting RK. Internal jugular vein location with the ultrasound Doppler blood flow detector. *Anesth Analg* 1978;57(1):118.
81. Legler D, Nugent M. Doppler localization of the internal jugular vein facilitates central venous cannulation. *Anesthesiology* 1984;60(5):481-2.
82. Vezzani A, Brusasco C, Palermo S, Launo C, Mergoni M, Corradi F. Ultrasound localization of central vein catheter and detection of

- postprocedural pneumothorax: an alternative to chest radiography. *Crit Care Med* 2010;38(2):533-8.
83. Shiloh AL, Savel RH, Paulin LM, Eisen LA. Ultrasound-guided catheterization of the radial artery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest* 2011;139(3):524-9.
 84. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982;57(6):769-74.
 85. Grüessner R, Mentges B, Düber C, Rückert K, Rothmund M. Sonography versus peritoneal lavage in blunt abdominal trauma. *J Trauma* 1989;29(2):242-4.
 86. Rozycki GS, Feliciano DV, Davis TP. Ultrasound as used in thoracoabdominal trauma. *Surg Clin North Am* 1998;78(2):295-310.
 87. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, Brenneman FD, Fallon WF Jr, Kato K, et al. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma* 1999;46(3):466-72.
 88. Barozzi L, Valentino M, Santoro A, Mancini E, Pavlica P. Renal ultrasonography in critically ill patients. *Crit Care Med* 2007;35(5 Suppl):S198-205.
 89. Hilbert G, Vargas F, Valentino R, Gruson D, Chene G, Bébéar C, et al. Comparison of B-mode ultrasound and computed tomography in the diagnosis of maxillary sinusitis in mechanically ventilated patients. *Crit Care Med* 2001;29(7):1337-42.
 90. Geeraerts T, Launey Y, Martin L, Pottecher J, Vigué B, Duranteau J, et al. Ultrasonography of the optic nerve sheath may be useful for detecting raised intracranial pressure after severe brain injury. *Intensive Care Med* 2007;33(10):1704-11.
 91. Mascatello VJ, Carrera GF, Telle RL, Berger M, Holm HH, Smith EH. The ultrasonic demonstration of gastric lesions. *J Clin Ultrasound JCU* 1977;5(6):383-7.
 92. Bateman DN, Leeman S, Metreweli C, Willson K. A non-invasive technique for gastric motility measurement. *Br J Radiol* 1977;50(595):526-7.

93. Holt S, McDicken WN, Anderson T, Stewart IC, Heading RC. Dynamic imaging of the stomach by real-time ultrasound--a method for the study of gastric motility. *Gut* 1980;21(7):597-601.
94. Bateman DN, Whittingham TA. Measurement of gastric emptying by real-time ultrasound. *Gut* 1982;23(6):524-7.
95. Bolondi L, Bortolotti M, Santi V, Calletti T, Gaiani S, Labò G. Measurement of gastric emptying time by real-time ultrasonography. *Gastroenterology* 1985;89(4):752-9.
96. Lutz MP, Zalcborg JR, Ducreux M, Ajani JA, Allum W, Aust D, et al. Highlights of the EORTC St. Gallen International Expert Consensus on the primary therapy of gastric, gastroesophageal and oesophageal cancer - differential treatment strategies for subtypes of early gastroesophageal cancer. *Eur J Cancer Oxf Engl* 1990 2012;48(16):2941-53.
97. Rousset J, Barc R-M, Conan C, Bronstein J-A, Garcia J-F. Aspects normaux et pathologiques du tube digestif en échographie. *EMC - Radiol* 2005;2(1):24-42.
98. Bolondi L, Casanova P, Santi V, Caletti G, Barbara L, Labò G. The sonographic appearance of the normal gastric wall: an in vitro study. *Ultrasound Med Biol* 1986;12(12):991-8.
99. MENDELSON CL. The aspiration of stomach contents into the lungs during obstetric anesthesia. *Am J Obstet Gynecol* 1946;52:191-205.
100. Chambrier C, Sztark F. Recommandations de bonnes pratiques cliniques sur la nutrition périopératoire. Actualisation 2010 de la conférence de consensus de 1994 sur la « Nutrition artificielle périopératoire en chirurgie programmée de l'adulte ». *Nutr Clin Métabolisme* 2010;24(4):145-56.
101. Carp H, Jayaram A, Stoll M. Ultrasound examination of the stomach contents of parturients. *Anesth Analg* 1992;74(5):683-7.
102. Vigneau C, Baudel J-L, Guidet B, Offenstadt G, Maury E. Sonography as an alternative to radiography for nasogastric feeding tube location. *Intensive Care Med* 2005;31(11):1570-2.
103. Chenaitia H, Brun P-M, Querellou E, Leyral J, Bessereau J, Aimé C, et al. Ultrasound to confirm gastric tube placement in prehospital management. *Resuscitation* 2012;83(4):447-51.

104. Shmulewitz A, Teehey SA, Robinson BS. Factors affecting image quality and diagnostic efficacy in abdominal sonography: a prospective study of 140 patients. *J Clin Ultrasound JCU* 1993;21(9):623-30.
105. King PM, Adam RD, Pryde A, McDicken WN, Heading RC. Relationships of human antroduodenal motility and transpyloric fluid movement: non-invasive observations with real-time ultrasound. *Gut* 1984;25(12):1384-91.

Index des tableaux

Tableau 1 - Données démographiques des patients inclus dans l'étude	64
Tableau 2 - Résultats des mesures échographiques	65
Tableau 3 - Résultats des mesures de VRG	66

Annexes

Annexe n°1 : Feuille de recueil « Echographie gastrique en réanimation »

N° Patient : ____ _	Sexe :	<i>H</i>	<i>F</i>
	Age :	____ années	
<i>Etiquette patient</i>	Poids :	____ kg	
	Taille :	____ cm	
	Indice de masse corporelle :	__ , _ kg / m ²	
	Motif d'admission en réanimation :		
	Indice de Gravité Simplifié (IGS2) :	--	
Respect des critères d'éligibilité :			
Positionnement du patient		DLD <input type="checkbox"/>	DD <input type="checkbox"/>
Consentement recueilli ?		OUI <input type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>
Mesure échographique de la surface antrale :		____ _ , ____ _ cm ²	
Difficulté de la réalisation de la mesure ?			
FACILE	<input type="checkbox"/>	DIFFICILE	<input type="checkbox"/>
		IMPOSSIBLE	<input type="checkbox"/>
Résidu gastrique par aspiration SNG :		____ _ mL	
Investigateur :			
Paraphe :		NBV / MDDD / ____ _	
Date de Rédaction		____ _ / ____ _ / 201 ____	