Échographie de l'avant: quelle formation pour le médecin militaire? Les résultats d'une étude prospective

N. Cazes[a], Y. Geffroy[b], F. Desmots[b], M. Planchet[c], A. Puidupin[a], J. Leyral[d]

a Service d'accueil des urgences, HIA Laveran, BP 60149 – 13384 Marseille Cedex 3.
b Service de radiologie, HIA Laveran, BP 60149 – 13384 Marseille Cedex 3.
c Antenne médicale d'Issoire, Quartier de Bange – 63505 Issoire.
d Service d'accueil des urgences, HIA Bégin, 69 avenue de Paris – 94163 Saint Mandé Cedex.

Article reçu le 20 février 2012, accepté le 11 septembre 2012.

Résumé

L'apprentissage de l'échographie d'urgence nécessite un nombre minimum mal défini d'examens à réaliser pour chaque cible. Ce nombre varie pour chaque cible en fonction de leur difficulté d'acquisition. Matériel et méthode : étude prospective, évaluant sur dix médecins novices, une formation à cinq cibles d'échographie d'urgence : FAST, plèvre, vessie, vésicule biliaire et aorte abdominale. Chaque étudiant a bénéficié d'une formation théorique et pratique sur sujets « sains » puis a réalisé dix échographies chronométrées en situation d'urgence dont le résultat a été évalué par l'expert. Résultats : le nombre d'erreurs global des échographies réalisées en situation a diminué au cours du temps. L'évolution du temps médian de réalisation des échographies a diminué de manière significative pour toutes les cibles. Discussion : certaines cibles semblent faciles d'acquisition (vessie, aorte et plèvre) avec de très bonnes performances après dix échographies sur sujets sains. Pour le FAST, 20 échographies dont dix « en situation » semblent nécessaires. Pour le diagnostic de cholécystite aiguë, le nombre minimal d'échographie d'apprentissage dépasse les 20 échographies. Conclusion : le nombre recommandé de 25 échographies par cible n'est pas adapté à toutes les cibles échographiques.

Mots-clés : Échographie. Formation. Médecine de l'avant. Urgences.

Abstract
POINT OF CARE ULTRASOUND: WHAT TRAINING FOR MILITARY DOCTORS? THE RESULTS OF A PROSPECTIVE STUDY.

INTRODUCTION: Learning how to do emergency ultrasounds requires an ill-defined minimum number of examinations to be performed for each target. This number varies depending on the level of difficulty of each target. MATERIAL AND METHODS: A prospective study, assessing ten inexperienced physicians training on five targets of emergency ultrasounds: FAST, pleura, bladder, gallbladder and abdominal aorta. Each student received both theoretical and practical trainings on "healthy" patients then performed ten timed ultrasounds in emergency situations, the outcome of which was assessed by an expert. RESULTS: The overall number of errors resulting from ultrasounds in situation has declined over time. The median time necessary to perform an ultrasound has significantly decreased for all the targets. DISCUSSION: Some ultrasounds seem easy to master (bladder, aorta and pleura) with very good performance after ten ultrasounds on healthy subjects. For FAST, twenty ultrasounds including ten "in situation" seem necessary. For the diagnosis of acute cholecystitis, the minimum number of ultrasounds to be performed exceeds twenty. CONCLUSION: The number of 25 recommended ultrasounds per target is not suitable for all the targets.

Keywords: Ultrasound. Training. Medicine forward. Emergency.

Introduction

Le Service de santé des armées (SSA) a doté ses postes médicaux de l'avant et ses Groupements médico-chirurgicaux (GMC) d'échographes portatifs. Plusieurs études ont en effet prouvé l'apport diagnostique et

N. CAZES, interne des hôpitaux des armées. Y. GEFFROY, médecin principal. F. DESMOTS, interne des hôpitaux des armées, M. PLANCHET, médecin des armées. A. PUIDUPIN, médecin en chef. J. LEYRAL, médecin en chef.
Correspondance : N. CAZES, Service d'accueil des urgences, BP 60149 – 13384 Marseille Cedex 3.
E-mail : joelemorisson@free.fr

thérapeutique de l'échographie dans de nombreuses situations d'urgence retrouvées en médecine de guerre (1-7). Il s'agit notamment du *Focused Assessment with Sonography in Traumas* (FAST), mais pas seulement puisque l'échographie pleuro-pulmonaire permet le diagnostic d'hémo-pneumothorax, l'échographie de la veine cave inférieure permet de guider le remplissage vasculaire d'un blessé, l'échographie du creux inguinal facilite le bloc du nerf fémoral… Les médecins de l'avant doivent donc être capables de réaliser sur le terrain des échographies ciblées répondant de façon rapide et fiable à des questions précises (existe-t-il un épanchement pleural ? Un épanchement abdominal ? Une rétention aiguë d'urine ?). La formation des médecins militaires à l'échographie appliquée à l'urgence est devenue une priorité pour le Service de santé des armées. Mais le métier de médecin d'unité avec ses fréquents départs en opérations ne permet qu'à un petit nombre de médecins militaires volontaires de disposer chaque année d'une formation universitaire à l'échographie. Le SSA doit donc lui-même et probablement pour plusieurs années assurer une formation spécifique à l'échographie de l'avant pour répondre à un besoin immédiat. Le préalable en est la détermination du nombre minimum d'examens d'apprentissage nécessaires avant qu'un médecin puisse effectuer sur le terrain, des échographies ciblées fiables. La littérature permet une orientation, mais les travaux publiés à ce jour sont trop restreints pour pouvoir répondre avec certitude à la question. Notre travail a évalué la fiabilité d'échographies ciblées de médecine d'urgence au cours d'une courte formation pratique et théorique de dix médecins militaires permet d'apporter un élément de réponse. Nous présentons ici les résultats de notre travail et en discutons les résultats.

Matériel et méthodes

Matériel

Type d'étude

Il s'agit d'une étude prospective, monocentrique, d'évaluation d'une formation initiale à l'échographie d'urgence, réalisée dans le Service d'accueil des urgences (SAU) de l'HIA Laveran de Marseille du premier janvier 2010 au premier novembre 2010.

Population d'étude

Les médecins inclus dans la formation étaient dix internes militaires de médecine générale de l'HIA Laveran entamant leur septième année de médecine. Au début de la formation, l'ensemble des internes étaient en premier semestre d'internat : cinq étaient affectés au SAU et cinq aux services médicaux de l'HIA. Au 1er mai, les internes des services étaient affectés au SAU tandis que les cinq autres les remplaçaient en service. Les dix internes prenaient leurs gardes au SAU pendant toute la durée de l'étude leur permettant, en présence du médecin expert, de réaliser leurs échographies en situation même s'ils n'étaient pas affectés au SAU.

Les dix internes participant à l'étude étaient tous volontaires et aucun n'avait la moindre expérience pratique de l'échographie.

Le formateur et directeur de l'étude

La formation théorique et pratique des dix médecins a été conçue et réalisée par un médecin urgentiste diplômé d'échographie et pratiquant quotidiennement depuis cinq ans l'échographie dans le cadre de la prise en charge de pathologies d'urgence pré et intra-hospitalières. Il était considéré dans l'étude comme expert car c'est lui qui validait la conclusion de l'examen échographique réalisé par l'étudiant.

L'échographe

Les échographies ont été réalisées au cours de cette étude au moyen d'un échographe Titan de marque Sonosite® (fig. 1). Il s'agissait de l'échographe fourni en dotation par le SSA dans les SAU des HIA et dans les postes isolés (Darfour), plébiscité en raison de son faible poids, son encombrement minimum, sa robustesse et une qualité d'images tout à fait satisfaisante. Deux sondes (fig. 2)



Figure 1. Échographe Titan de marque Sonosite®.



Figure 2. Deux sondes : une sonde micro convexe à basse fréquence (3-5 MHz) et une sonde linéaire à haute fréquence (7-10 MHz).

étaient utilisées en fonction des cibles échographiques : une sonde micro convexe à basse fréquence (3-5 MHz) et une sonde linéaire à haute fréquence (7-10 MHz).

Méthodes

Première phase : enseignement théorique de deux heures

Le formateur a exposé aux étudiants, au moyen d'un support informatique, les informations fondamentales et principes physiques de base de l'ultrasonographie. Il a ensuite présenté de manière détaillée les cinq zones d'intérêt de l'étude, appelées « cibles échographiques » :

– le FAST (Focused Assessment with Sonography in Traumas) ;
– la plèvre ;
– l'aorte ;
– la vésicule biliaire ;
– la vessie.

L'expert a détaillé les indications de réalisation de chaque échographie. Il a ensuite réalisé un rappel anatomique iconographique. Enfin les étudiants ont visualisé un diaporama d'images saines, pathologiques et d'images pièges à propos des cinq cibles échographiques étudiées.

Deuxième phase : démonstration sur sujet sain

Une échographie de démonstration pour chacune des cinq cibles était réalisée sur un infirmier du service, considéré comme sujet sain. Cet examen détaillait notamment le positionnement de la sonde et son maniement pour visualiser les cibles échographiques (tab. I).

Tableau I. Échographe Titan de marque Sonosite®.

Cibles échographiques	Images échographiques à visualiser sur sujet sain
FAST	Visualisation des 4 fenêtres : Péricarde (voie sous xiphoïdienne) Espace hépato-rénal (Morrison) Espace spléno-rénal (Köhler) Espaces péri-vésicaux et cul de sac de Douglas
Plèvre	Visualisation bilatérale : glissement pleural apical antérieur cul de sac pleural
Aorte	Visualisation en coupe longitudinale et transversale Mesure du diamètre aortique
Vésicule biliaire	Visualisation de la vésicule biliaire Mesure de la paroi vésiculaire Recherche de lithiase biliaire
Vessie	Visualisation de la vessie en coupe longitudinale et transversale Mesure du volume vésical

Troisième phase : apprentissage sur sujet sain

Les étudiants réalisaient ensuite dix échographies par cible sur des sujets sains. Les sujets sains étaient les étudiants eux-mêmes. La première échographie, pour chaque cible, était réalisée sous la surveillance et avec les conseils du formateur. Les suivantes étaient réalisées seul, avec possibilité de recours au formateur en cas de difficultés, mais sans validation systématique nécessaire. Chaque étudiant reportait sur une fiche de recueil le nombre d'échographies réalisées par cible (annexe 1).

Quatrième phase : évaluation sur sujet sain

Lorsque les dix échographies étaient réalisées pour une cible, l'étudiant en avisait le formateur qui supervisait la onzième échographie pour la cible concernée. Si cette dernière échographie sur sujet sain était validée (tab. I) alors l'étudiant passait à la phase : l'échographie en situation d'urgence.

Dans le cas contraire, l'étudiant faisait de nouveau cinq échographies sur sujet sain pour chaque cible non validée puis était réévalué sur ces cibles par le formateur.

Cinquième phase : validation de la cible échographique en situation clinique

Chaque patient qui consultait aux urgences pour une symptomatologie nécessitant une échographie dans le cadre de sa prise en charge était initialement échographié par l'expert (tab. II).

Tableau II. Indication des échographies « en situation » dans notre étude.

Cibles échographiques	Symptomatologie indiquant l'échographie au SAU
FAST	Traumatismes abdominaux et thoraciques Suspicion de grossesse extra utérine (GEU) Suspicion clinique d'épanchement dans le cadre d'une hépatopathie chronique ou d'une cardiopathie décompensée*
Plèvre	Traumatisme thoracique Douleur thoracique évocatrice d'un pneumothorax Dyspnée Suspicion clinique de pleurésie Contrôle après ponction pleurale
Aorte	Douleur abdominale chez toute personne âgée de plus de 60 ans Douleur abdominale chez toute personne ayant un anévrisme de l'aorte abdominale (AAA) connu ou ayant un terrain polyartériel Masse abdominale battante et expansive palpable
Vésicule	Douleurs abdominales évocatrices d'une pathologie lithiasique des voies biliaires Douleurs abdominales non systématisées (échographie de débrouillage)
Vessie	Suspicion clinique de rétention aiguë d'urine Anurie ou miction par regorgement

* ces pathologies ne font pas partie des indications reconnues pour la réalisation d'un FAST mais ont été retenues dans l'étude afin d'augmenter la fréquence de l'événement « épanchement liquidien ».

Secondairement, après accord du patient, un étudiant choisi après randomisation réalisait l'échographie sous contrôle du formateur puis lui faisait part de ses conclusions. L'échographie était alors validée ou non par l'expert (tab. III) et le résultat reporté dans le carnet de stage individuel (Annexe 2).

La randomisation de l'étudiant avait lieu tous les matins à huit heures par une tierce personne ne participant pas à

Tableau III. Critères de validation des échographies réalisées en situation d'urgence.

Cibles échographiques	Critères de validation de l'échographie réalisée en situation d'urgence
FAST	Visualisation d'un épanchement ou de l'absence d'épanchement au niveau : Péricardique Inter-hépato-rénal (loge de Morrison) Inter-spléno-rénal (espace de Köhler) Cul-de-sac de Douglas
Plèvre	Visualisation d'un épanchement ou de l'absence d'épanchement pleural liquidien Visualisation de la présence ou de l'absence du glissement pleural (et éventuellement de l'apparition du « point poumon »).
Aorte	Absence ou présence d'une perte du parallélisme de la paroi aortique (coupes transversale et longitudinale) Mesure du diamètre transversal aortique comparable à ± 10 % à celle effectuée par le formateur Affirmation ou non du diagnostic d'anévrisme de l'aorte abdominale sur les éléments suivants : association d'une dilatation du diamètre de l'aorte abdominale de plus de 30 mm à une perte du parallélisme des parois de l'aorte abdominale.
Vésicule biliaire	Visualisation de la présence ou de l'absence de lithiase vésiculaire Mesure de la paroi vésiculaire comparable à ± 10 % à celle effectuée par le formateur avec estimation qualitative binaire « épaissie » (diamètre > 3 mm) ou « non épaissie » (diamètre ≤ 3 mm)
Vessie	Mesure du volume vésical comparable à ± 10 % à celle effectuée par le formateur par la formule (0.75 x largeur x hauteur x profondeur) Affirmation du diagnostic de « globe urinaire » devant une rétention vésicale de plus de 300 ml associée à une impossibilité d'uriner.

l'étude et courait pour 24 heures. Il était attribué à chaque étudiant un chiffre de un à six (s'il y avait moins de quatre internes dans le service, chacun se voyait attribuer deux chiffres de un à six). Le formateur randomisait chaque patient de un à six au moyen d'un tirage de dé et faisait réaliser l'échographie à l'étudiant à qui l'on avait attribué le même numéro.

Chaque échographie était chronométrée. Chaque étudiant réalisait dix échographies par cible. Ce nombre ne variait pas en fonction des échecs des examens échographiques.

Évaluation de la formation

Acquisition de la cible échographique

Notre critère de jugement principal était la validation par l'expert de la conclusion de l'examen échographique réalisé en situation d'urgence par l'étudiant. Nous avons étudié le nombre d'erreurs au cours du temps, toutes cibles confondues, pour l'ensemble des étudiants.

Nous nous sommes intéressés également au nombre d'erreurs en situation d'urgence cible par cible afin de dégager d'éventuels degrés de complexité dans l'acquisition de certaines cibles par rapport à d'autres.

Temps de réalisation

Le temps de réalisation de chaque examen échographique en situation d'urgence a été mesuré afin de voir l'évolution de la durée de l'échographie au cours du temps.

Analyse statistique

Les variables qualitatives ont été exprimées sous forme de nombres et les variables quantitatives sous forme de médianes avec leurs étendues. Les variables quantitatives ont été testées en utilisant le test non paramétrique de Kruskal-Wallis H. Une valeur de p inférieure à 0,05 était considérée comme significative. Les analyses statistiques ont toutes été obtenues à l'aide du logiciel Epi Info version 3.3.2.

Résultats

Dix médecins (cinq hommes, cinq femmes) ont été évalués de janvier à novembre 2010. Ils avaient tous le même niveau d'étude (première année d'internat). Cinq cents examens échographiques en situation ont été réalisés (dix échographies pour les cinq cibles par étudiant).

Exhaustivité de l'étude

Les dix étudiants initialement retenus pour l'étude ont tous participé au travail jusqu'à son terme. Les dix premiers examens sur sujet sains pour chaque cible ont été validés, aucun étudiant n'a dû refaire d'échographies supplémentaires.

Courbes d'apprentissage et validité des échographies réalisées

Courbe d'apprentissage globale

Toutes cibles confondues, le nombre d'erreurs lors de la réalisation des échographies en situation pour l'ensemble des opérateurs diminuait rapidement au cours du temps pour atteindre un nombre d'erreurs inférieur ou égal à un à partir de la quatrième échographie (fig. 3).

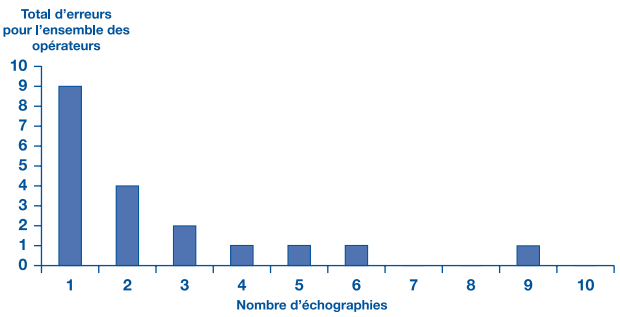


Figure 3. Courbe d'apprentissage pour les 500 échographies réalisées en situation par les 10 étudiants.

Courbes d'apprentissage pour les échographies de la vessie, de l'aorte et la plèvre

Pour les cibles vessie, aorte et plèvre, aucune erreur n'a été commise lors de la réalisation des échographies en

situation. La sensibilité, spécificité, Valeur prédictive positive (VPP) et Valeur prédictive négative (VPN) étaient donc de 100 % pour ces trois examens ciblés.

Courbe d'apprentissage pour les échographies FAST (fig. 4)

Pour le FAST, sept échographies n'ont pas été validées, il s'agissait :

– pour six cas de faux négatifs où les étudiants avaient conclu à tort à une absence d'épanchements qui étaient en fait présents (deux épanchements dans le cul-de-sac de Douglas, deux épanchements péricardiques, un épanchement au niveau de la loge spléno-rénale, un épanchement intra péritonéal visible dans la loge de Morrison, l'espace inter spléno-rénal et le cul-de-sac de Douglas);

– pour un cas de faux positif où l'étudiant avait conclu à tort à un épanchement spléno-rénal qui n'était pas présent.

Toutes les échographies non validées faisaient partie des premières réalisées par l'étudiant. Après la quatrième échographie en situation le nombre d'erreur a été nul de manière continue et stable dans le temps (fig. 4).

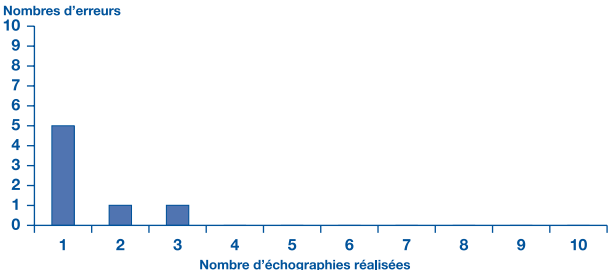


Figure 4. Courbe d'apprentissage de l'échographie FAST.

Dans notre étude, l'échographie FAST réalisée par l'étudiant avait une sensibilité globale de 82,4 %, une spécificité de 98,5 %, une VPP de 96,6 % et une VPN de 91,6 % par rapport à celle réalisée par l'expert.

Courbe d'apprentissage pour les échographies de la vésicule biliaire (fig. 5)

Sur les 100 échographies de la vésicule biliaire réalisées par les dix étudiants, douze examens n'étaient pas conformes à ceux réalisés par le formateur et n'ont donc pas été validés. Il s'agissait :

– de neuf faux négatifs où les étudiants avaient conclu à tort à une absence de cholécystite :

- trois étudiants n'avaient pas mis en évidence un épaississement de la paroi vésiculaire,
- un étudiant n'avait pas vu une lithiase,
- cinq étudiants n'avaient visualisé ni l'épaississement pariétal de la vésicule biliaire ni la présence concomitante d'une lithiase ;

– de trois faux positifs où des parois avaient été jugées à tort comme épaissies.

Le nombre d'erreurs avait tendance à décroître au cours du temps mais il n'était toujours pas nul en fin d'étude (une erreur à la neuvième échographie) (fig. 5).

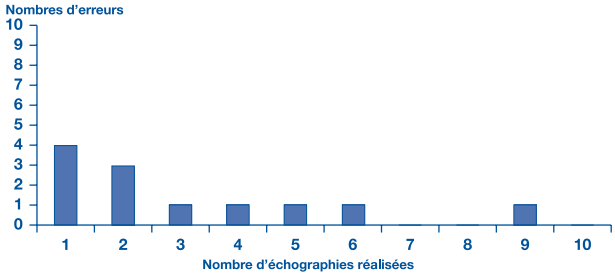


Figure 5. Courbe d'apprentissage de l'échographie de la VÉSICULE biliaire.

Les échographies de la vésicule biliaire réalisées par les étudiants à la recherche d'éléments en faveur d'une cholécystite avaient une sensibilité de 66,7 %, une spécificité de 95,9 %, une VPP de 85,7 % et une VPN de 88,6 % en comparaison aux échographies de l'expert.

Durée de l'examen échographique

Temps médian

Le temps médian de réalisation de l'examen échographique, toutes échographies confondues (soit les dix échographies pour chacune des cinq cibles des dix sujets examinés) était de 120 secondes (deux minutes).

La durée de réalisation des échographies variait significativement en fonction des cibles (<0,001). Le temps médian de réalisation de l'échographie de la vessie et de l'aorte était de 60 secondes avec des étendues respectives de 30-600 s et 20-240 s.

La médiane était de 120 secondes (étendue : 30-600s) pour la plèvre, de 150 secondes (étendue : 30-600s) pour la vésicule biliaire et de 180 secondes (étendue : 60-600s) pour le FAST.

Évolution des temps de réalisation

Temps de réalisation global

Le temps de réalisation de l'ensemble des échographies décrivait une tendance continue et significative à la baisse (p<0,001) (fig. 6). La médiane initiale était de trois minutes puis passait à deux minutes dès le troisième examen et atteignait au neuvième examen un dernier palier à une minute. L'étendue se resserrait également passant de 570 secondes au deuxième examen à 270 au neuvième examen soit une réduction de plus de moitié. Le

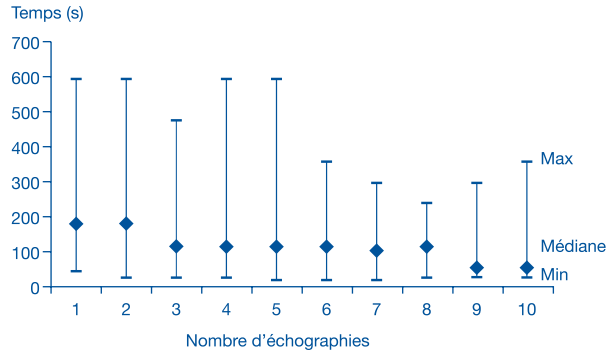


Figure 6. Évolution du temps global de réalisation des échographies.

temps minimal, quant à lui, ne variait que très peu au cours des échographies, sa valeur finale était déjà atteinte dès la deuxième échographie.

Temps de réalisation cible par cible

La diminution au cours du temps de la durée de réalisation des échographies de la vessie était très significative (p=0,001). Un temps médian de réalisation seuil de 60 secondes était atteint dès la quatrième échographie. L'étendue des valeurs de la première échographie était égale à huit minutes puis se resserrait très rapidement au cours du temps pour parvenir à 75 secondes pour les dernières échographies (fig. 7).

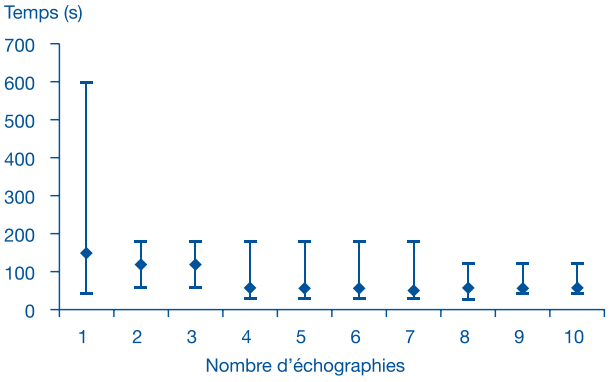


Figure 7. Évolution des durées des échographies VESSIE.

La durée de réalisation des échographies de l'aorte diminuait significativement (p=0,02) au cours du temps. Le temps médian seuil était de une minute et apparaissait dès la troisième échographie. L'amplitude de l'étendue demeurait importante jusqu'au huitième examen (fig. 8).

Le temps médian de réalisation des échographies de la plèvre diminuait de manière significative (p=0,04) avec la répétition des examens et aboutissait à une valeur d'une minute. L'étendue des valeurs des temps de réalisation ne cessait de se réduire au cours du temps (fig. 9).

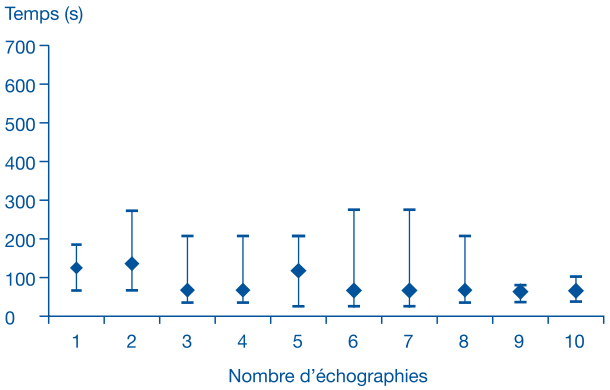


Figure 8. Évolution des durées des échographies AORTE.

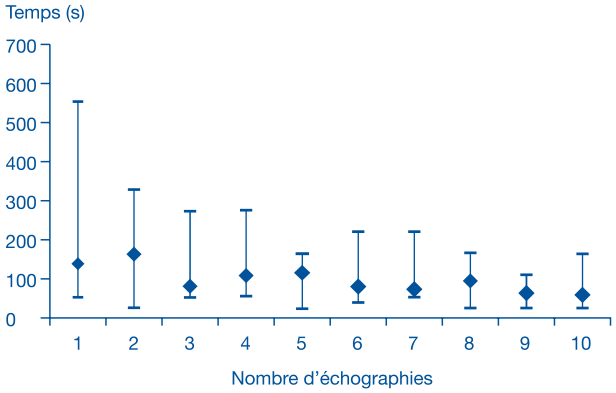


Figure 9. Évolution des durées des échographies PLÈVRE.

La diminution du temps médian de réalisation de l'échographie FAST avec la réitération des examens était très significative (p<0,001) passant de quatre à deux minutes à l'ultime examen. L'amplitude des durées de réalisation des échographies FAST était initialement rapidement décroissante puis se stabilisait entre deux et trois minutes à partir de la cinquième échographie (fig. 10).

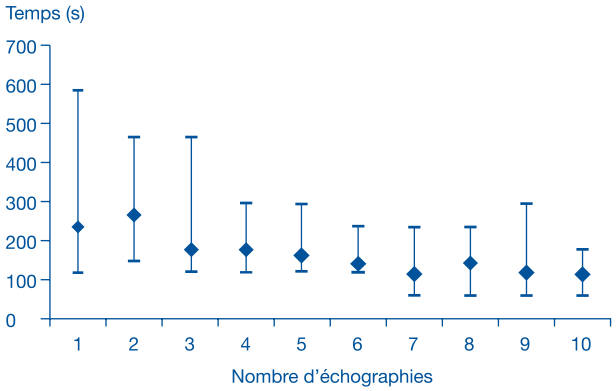


Figure 10. Évolution des durées des échographies FAST.

La diminution du temps médian de réalisation des échographies de la vésicule biliaire entre les premières et les dernières échographies était significative (p=0,04). Il oscillait entre deux et trois minutes lors des derniers examens. L'amplitude de l'étendue variait au cours du temps sans jamais se stabiliser et en gardant des valeurs élevées (cinq minutes au dixième examen) (fig. 11).

Discussion

Notre étude montre qu'une formation « accélérée » des médecins militaires à l'échographie ciblée de médecine d'urgence est réalisable au sein des hôpitaux militaires, puisque sur les dix étudiants inclus, tous sont allés au bout de la formation et ont pu chacun réaliser toutes les échographies initialement prévues (20 échographies par cible dont 10 en situation).

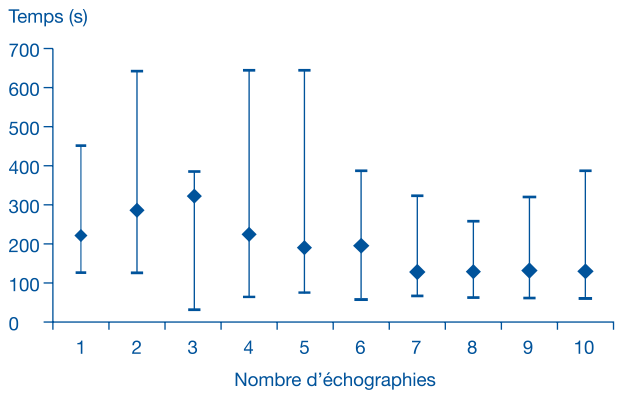


Figure 11. Évolution des durées des échographies VÉSICULE BILIAIRE.

Notre travail montre aussi que le nombre d'échographies « d'apprentissage » ne doit pas être le même selon les cibles étudiées. Les trois cibles échographiques les plus faciles à acquérir sont la vessie, l'aorte et la plèvre. Ces trois cibles ont toutes un intérêt en médecine de guerre.

L'échographie vésicale à la recherche d'un globe urinaire est fréquemment nécessaire dans la prise en charge des blessés de guerre, notamment pour ceux bénéficiant d'une analgésie par morphine ou d'une anesthésie générale. Au-delà de poser avec certitude le diagnostic de rétention aiguë d'urine, l'échographie vésicale permet de valider dans cette situation l'indication d'un sondage évacuateur, et de guider si besoin, la pose d'un cathéter sus-pubien, avant évacuation par voie routière ou aérienne du blessé.

Les échographies de la plèvre à la recherche d'un épanchement pleural et/ou d'un pneumothorax permettent le diagnostic précoce d'un épanchement pleural liquidien, gazeux ou mixte. Cette situation est très fréquente sur le terrain, puisque les études récentes se rapportant à la guerre en Afghanistan ont montré que les lésions mortelles font suite dans 24 % des cas à une atteinte du thorax (8-10,12), et sont dans la majeure partie des cas consécutives à un pneumothorax compressif, souvent associé à un hémothorax dont le diagnostic clinique est extrêmement difficile dans un environnement hostile (11). L'échographie pleurale permet alors de guider la pose d'un drain thoracique, dont l'indication est très large dans cette situation, et particulièrement lorsqu'une évacuation par voie aérienne du blessé est prévue.

Pour l'aorte, la revue de littérature à propos des blessures en temps de guerre fait état de lésions par effet blast, traumatismes contondants et pénétrants à haute énergie cinétique responsables de rupture traumatique, de lacération et de plaie aortiques (13, 14). Il est certain que le véritable intérêt de l'échographie aortique en est la recherche de sténose et d'anévrisme quotidiennement pratiquée en médecine d'urgence conventionnelle.

Notre étude montre que dans ces trois situations, le médecin militaire peut être rapidement et efficacement formé, puisque la réalisation de 20 échographies d'apprentissage, à la suite d'une courte formation théorique, permet d'acquérir d'excellentes performances. Les valeurs prédictives positives et prédictives négatives respectivement égales à 100 % dans notre étude permettent d'envisager une excellente fiabilité des échographies qui seront réalisées sur le terrain pour ces trois cibles. Nos résultats sont d'ailleurs conformes à ceux trouvés dans la littérature. En effet, en dehors de l'échographie vésicale, réalisée à la recherche d'une rétention aiguë d'urine, pour laquelle nous n'avons retrouvé aucune publication, en ce qui concerne l'échographie de la plèvre (à la recherche d'un épanchement) et l'échographie de l'aorte (à la recherche d'un anévrisme de l'aorte abdominale) la revue de la littérature retrouve des performances comparables aux nôtres (15-20). Le nombre d'examens d'apprentissage pour obtenir ces performances est en revanche rarement précisé. Kuhn (15) et Costantino (16) ont évalué les performances d'urgentistes expérimentés pour la détection ultrasonographique d'anévrisme de l'aorte abdominale ayant bénéficié soit d'une formation spécifique sur trois jours (dont deux heures théoriques) (15) soit d'une formation généraliste à l'échographie d'urgence (16) faisant partie de leur cursus (correspondant à la validation de 150 échographies d'urgence toutes cibles confondues). Wilkerson (21) a effectué une revue de la littérature pour déterminer la sensibilité du diagnostic échographique de pneumothorax réalisé par un urgentiste mais ne rapporte pas le nombre d'examens minimal nécessaire pour considérer l'échographiste comme compétent dans cette indication. Il suggère de suivre les recommandations du collège américain de médecine d'urgence (22) à savoir la réalisation de 25 à 50 échographies d'apprentissage.

Le FAST fait aujourd'hui partie intégrante de la prise en charge spécifique du polytraumatisé (23-25). Il revêt une importance tout aussi capitale en médecine de guerre puisque lors des derniers conflits en Irak et en Afghanistan il est établi que plus de 75 % des blessures sont causées par des engins explosifs, en particulier des IED (Improvised Explosive Device), responsables de onze pourcents de lésions de l'abdomen, souvent multiples dont la gravité est importante et vraisemblablement majorée par rapport aux conflits plus anciens (Indochine, Algérie) (11). Les décès imputés à ces lésions abdominales surviennent dans les toutes premières heures suivant les blessures. Le FAST permet alors, lorsqu'il répond « oui » à la question « y a-t-il un épanchement péritonéal ? », d'accélérer l'évacuation du blessé vers les structures chirurgicales de l'arrière et ainsi probablement d'éviter certains décès. La formation des médecins militaires à cette technique échographique devrait donc être systématiquement réalisée avant un départ sur une zone de conflit. Notre étude montre que cette formation est réalisable. Avec une sensibilité de 82 % et une spécificité de 98 % les résultats de notre travail sont tout à fait satisfaisants et comparables à ceux publiés par de nombreuses équipes (26-31). Le consensus nord-américain de décembre 1997 (32) concernant la formation minimale initiale au FAST pour les non-radiologues a recommandé une formation théorique (quatre heures) et pratique (quatre heures)

complétée d'un apprentissage supervisé de 200 examens. De nombreux auteurs ont montré que le nombre d'examen d'apprentissage était très probablement inférieur : Rozycki (30) et Ma (33) ont rapporté des chiffres similaires aux nôtres en terme de sensibilité et spécificité mais avec un nombre d'examens d'apprentissage plus important que les nôtres, autour de 50. *A contrario*, Tso, et al. (34) a obtenu après une heure de théorie et une heure de pratique, une sensibilité de 91 % et une spécificité de 96 %. Nos résultats sont plus proches de ceux de Shackford (26) ou de Smith (35) qui ont conclu respectivement à un nombre minimal d'examens d'apprentissage nécessaire de dix et 25 pour des performances sensiblement identiques aux nôtres.

Cependant la revue de littérature retrouve des études dont les résultats sont meilleurs que les nôtres en terme de sensibilité et avec une spécificité comparable. C'est notamment le cas des équipes de Thomas (29) et Jang (36) qui rapportent des sensibilités au-delà de 90 % pour une spécificité proche de 100 %. L'analyse de ces travaux montre que le nombre d'échographies d'apprentissage, qui a alors été nécessaire, était compris entre 30 et 50. Nous pensons donc que la formation des médecins de l'avant au FAST doit comprendre un minimum de 30 examens, dont la majorité réalisés en situation.

L'échographie de la vésicule biliaire semble être la cible de notre étude dont l'apprentissage est le plus difficile. Elle est enseignée dans le module d'échographie appliquée à l'urgence du diplôme national d'échographie. En médecine d'urgence « conventionnelle » de plus en plus de médecins urgentistes formés peuvent donc faire eux-mêmes le diagnostic de cholécystite aiguë aux urgences et faire appel au chirurgien sans recours au radiologue. L'intérêt de cet examen sur le terrain, en situation de guerre est nul. Néanmoins, le choix de cette cible nous a paru intéressant car notre pratique quotidienne des urgences hospitalières montre que c'est une des cibles les plus difficiles à maîtriser pour un médecin urgentiste, et que par conséquent le nombre d'examen d'apprentissage nécessaire à cette cible pouvait servir de « borne haute » dans la recherche du nombre d'examens de formation nécessaire aux autres cibles.

Notre travail montre que les performances des médecins formés par la réalisation 20 échographies d'apprentissage dont 10 en situation sont insuffisantes pour assurer un diagnostic positif fiable de cholécystite aiguë (sensibilité 66,7 %, spécificité 95,9 %, VPP de 85,7 % et VPN 88,6 %). L'analyse de la littérature rapporte des performances nettement supérieures aux nôtres (sensibilité et spécificité supérieures à 90 %), mais au terme de formations comprenant au minimum 25 à 50 examens (37-39).

La réalisation par les médecins de l'avant de diagnostics échographiques de cholécystite n'étant pas utile, nous proposons de ne pas retenir cette cible dans le cadre d'une formation spécifique à l'échographie de l'avant. En revanche, dans le cadre d'une formation plus générale des médecins militaires à l'échographie d'urgence, il apparaît nécessaire de prévoir la réalisation de plus de 30 examens d'apprentissage.

Sous le feu ennemi ou en milieu hostile, le médecin de l'avant ne dispose que de très peu de temps pour réaliser le bilan de la victime, trier et traiter les urgences absolues. L'échographie de terrain doit donc être un examen rapide, ne devant en aucun cas retarder la prise en charge médico-chirurgicale du patient ou son évacuation. Dans notre étude le temps médian de réalisation des examens, toutes cibles confondues, est de deux minutes. Ce temps est entièrement compatible avec les contraintes de terrain énoncées plus haut. Il est cependant nécessaire de prendre en compte le facteur « stress », absent de notre étude, comme variable pouvant majorer le temps de réalisation d'une échographie sur le terrain. Le temps de réalisation des échographies est également lié aux caractéristiques de la population échographiée, or notre étude n'offre aucune donnée à ce propos. En milieu hostile, il est probable que le facteur « stress » allonge les durées d'examen par rapport à celles que nous avons mesurées dans notre étude. Inversement, il est vraisemblable que les victimes échographiées (jeunes militaires en majorité) soient plus échogènes que les patients de notre étude (population tout venant des urgences). Tout compte fait, il est probable que la durée des échographies effectuées « sur le terrain » soit similaire à celle de notre étude.

Nos résultats sont difficilement comparables à la littérature, puisque très peu d'études se sont intéressées au temps de réalisation des examens d'échographie ciblée. La seule étude que nous avons retrouvée concerne le FAST, pour lequel l'équipe de Gogalniceanu (40) a publié des temps d'examen semblables aux nôtres au terme d'une formation théorique et pratique de 25 étudiants en médecine volontaires en troisième et cinquième année sur une durée de cinq heures.

Par ailleurs notre travail montre que la réalisation de plus de 20 examens par cible n'amènerait probablement aucune amélioration des durées d'examen, puisque l'évolution des temps médians de réalisation des échographies est marquée par l'apparition d'un temps incompressible au bout d'un certain nombre d'échographies réalisées, qui est toujours inférieur à 20, quelle que soit la cible.

Conclusion

La formation des médecins militaires à l'échographie d'urgence est nécessaire pour optimiser la prise en charge du blessé de guerre sur le théâtre des opérations. Cette formation est possible au sein de nos Hôpitaux d'Instruction des Armées. L'enseignement pratique doit comprendre tout au plus une vingtaine d'examens pour les cibles les plus faciles à acquérir comme la vessie, l'aorte et la plèvre. Pour le FAST, le nombre d'examens nécessaire est plus élevé, probablement de trente. Dans tous les cas, les formations d'échographie de l'avant mises en place par le Service de santé des armées doivent favoriser la partie « pratique » de l'apprentissage, un court apport théorique étant suffisant. Ce schéma de formation s'intègre dans la politique de médecine de l'avant développée par le SSA.

L'ensemble des internes militaires de médecine générale pourraient être formés à l'échographie d'urgence, par des urgentistes militaires diplômés

d'échographie, lors de leur passage obligé en service d'Urgences dans leurs HIA respectifs. Un « passeport » individuel de formation d'échographie de l'avant, recensant tous les examens réalisés lors du stage, permettrait d'attester que les échographies ciblées ont été réalisées en nombre suffisant. La validation de ce passeport, associée à un examen pratique de fin de stage, aboutirait à une « attestation » finale de capacité en échographie de l'avant.

Les auteurs ne déclarent pas de conflits d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Mayron R, Gaudio FE, Plummer D, Asinger R, Elsperger J. Echography performed by emergency physicians: impact on diagnosis and therapy. Annals of Emergency Medicine 1988;18:230-1.
2. Poletti PA, Vermeulen B. L'ultrasonographie dans les traumatismes abdominaux fermés. Séminaire de la Société française de médecine d'urgence 2000 : L'échographie aux urgences.
3. Plummer D, Brunette D, Asinger R, Ruiz E. Emergency department echocardiography improves outcome in penetrating cardiac injury. Ann Emerg Med 1992;2:709-12.
4. Jehle D, Guarino J, Karamanoukian H. Emergency department ultrasound in the evaluation of blunt abdominal trauma. Am J Emerg Med 1993;1:342-6.
5. Ma OJ, Mateer JR, Ogata M, Kefer MP, Wittmann D, Aprahamian C. Prospective analysis of a rapid ultrasound examination performed by emergency physicians. J Trauma 1995;38:879-85.
6. Porter RS, Nester BA, Dalsey WC, et al. Use of ultrasound to determine need for laparotomy in trauma patients. Ann Emerg Med 1997;29:323-30.
7. McKenney MG, Martin L, Lentz K, et al. 1000 consecutive ultrasounds for blunt abdominal trauma. J Trauma 1996;40:607-12.
8. Donat N, Pasquier P, Clapson P, Perez JP, Debien B. Épidémiologie des blessures de guerre Société française de médecine d'urgence – Congrès 2009.
9. Ramasamy A, Harrisson SE, Clasper JC, Stewart MP. Injuries from roadside impro- vised explosive devices. J Trauma 2008;65:910-4.
10. Kelly JFMD, Ritenour AEMD, McLaughlin DFMD, Bagg KAMS, Apodaca ANMS, Mal- lak CTMD, et al. Injury Severity and Causes of Death From Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: 2003-2004 Versus 2006. Journal of Trauma 2008;64:21-7.
11. Pasquier P, de Rudnicki S, Donat N, Auroy Y, Merat S. Type et épidémiologie des blessures de guerre, à propos de deux conflits actuels : Irak et Afghanistan. Ann Fr Anesth Reanim 2011; 30:819-27.
12. Owens BD, Kragh Jr J.F, Wenke JC, Macaitis J, Wade CE, Holcomb JB. Combat wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. J Trauma 2008;64:295-9.
13. Schoder M, Prokop M, Lammer J. Traumatic injuries: imaging and intervention of large arterial trauma. Eur Radiol. 2002;12:1617-31.
14. Goarin J-P. Lésions traumatiques de l'aorte. Société française d'anesthésie et de réanimation conférence d'actualisation 1999.
15. Kuhn M, Bonnin RL, Davey MJ, Rowland JL, Langlois SL. Emergency department ultrasound scanning for abdominal aortic aneurysm: accessible, accurate, and advantageous. Ann Emerg Med. 2000;36:219-23.
16. Costantino TG, Bruno EC, Handly N, Dean AJ. Accuracy of emergency medicine ultrasound in the evaluation of abdominal aortic aneurysm. Am J Emerg Med 2005;29:455-60.
17. Shuman WP, Hastrup W, Kohler TR, et al. Suspected leaking abdominal aortic aneurysm: use of sonography in the emergency room. Radiology 1988;168:117-9.
18. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. Acad Emerg Med. 2005;12:844-9.
19. Sisley AC, Rozycki GS, Ballard RB, Namias N, Salomone JP, Feliciano DV. Rapid detection of traumatic effusion using surgeon-performed ultrasonography. J. Trauma. 1998;44:291-7.
20. Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, Forkheim KE, Mayo JR, Nicolaou S. Traumatic pneumothorax detection with thoracic US: correlation with chest radiography and CT-initial experience. Radiology. 2002;225:210-4.
21. Wilkerson RG, Stone MB. Sensitivity of bedside ultrasound and supine anteroposterior chest radiographs for the identification of pneumothorax after blunt trauma. Acad Emerg Med. 2010;17:11-7.
22. American College of Emergency Physicians. Policy Statement. Emergency ultrasound guidelines. Ann Emerg Med. 2009;53:550-70.
23. Quinn AC, Sinert R. What is the utility of the Focused Assessment with Sonography in Trauma (FAST) exam in penetrating torso trauma ? Injury. 2011;42:482-7.
24. Boulanger BR, Kearney PA, Tsuei B, Ochoa JB. The routine use of sonography in penetrating torso injury is beneficial. J. Trauma 2001;51:320-5.
25. Stengel D, Bauwens K, Sehouli J, et al. Emergency ultrasound-based algorithms for diagnosing blunt abdominal trauma. Cochrane Database of Systematic Reviews. (2):CD004446, 2005. UI: 15846717.
26. Shackford SR, Rogers FB, Osler TM, Trabulsy ME, Clauss DW, Vane DW. Focused abdominal sonogram for trauma: the learning curve of non radiologist clinicians in detecting hemoperitoneum. J Trauma. 1999; 46:553-64.
27. Jang T, Sineff S, Naunheim R, Aubin C. Residents should not independently perform focused abdominal sonography for trauma after 10 training examinations. J Ultrasound Med. 2004;23:793-7.
28. Petrovic T, Lenoir G, Galinski M, et al. Échographie en médecine d'urgence pré-hospitalière: Quelle formation pour quelle performance ? JEUR 2003; 6:148.
29. Thomas B, Falcone RE, Vasquez D, Santanello S, Townsend M, Hockenberry S, Innes J, Wanamaker S. Ultrasound evaluation of blunt abdominal trauma: program implementation, initial experience, and learning curve. J Trauma. 1997;42:384-90.
30. Rozycki GS, Ballard RB, Feliciano DV, Schmidt JA, Pennington SD. Surgeon-performed ultrasound for the assessment of truncal injuries: lessons learned from 1540 patients. Ann Surg. 1998;228:557-67.
31. Gracias VH, Frankel HL, Gupta R, Malcynski J, Gandhi R, Collazzo L, et al. Defining the learning curve for the Focused Abdominal Sonogram for Trauma (FAST) examination: implications for credentialing. Am Surg. 2001;67:364-8.
32. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, et al. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST): results from an international consensus conference. J Trauma. 1999 Mar;46:466-72.
33. Ma OJ, Mateer JR, Ogata M, Kefer MP, Wittmann D, Aprahamian C. Prospective analysis of rapid trauma ultrasound examination performed by emergency physicians. J Trauma. 1995; 38:879-85.
34. Tso P, Rodriguez A, Cooper C, et al. Sonography in blunt abdominal trauma: a preliminary progress report. J Trauma. 1992;33:39-44.
35. Smith RS, Kern SJ, Fry WR, Helmer ST. Institutional lerning curve of surgeon_performed trauma ultrasound. Arch Surg. 1998;133:530-3.
36. Jang T, Aubin C, Naunheim R. Am J Emerg Med 2004;22:439-43.
37. Ross M, Brown M, McLaughlin K, et al. Emergency physician-performed ultrasound to diagnose cholelithiasis: a systematic review. Acad Emerg Med. 2011;18:227-35.
38. Jang TB, Ruggeri W, Dyne P, Kaji AH. The learning curve of resident physicians using emergency ultrasonography for cholelithiasis and cholecystitis. Acad Emerg Med. 2010;17:1247-52.
39. Gaspari RJ, Dickman E, Blehar D. Learning curve of bedside ultrasound of the gallbladder. J Emerg Med. 2009;37:51-6.
40. Gogalniceanu P, Sheena Y, Kashef E, Purkayastha S, Darzi A, Paraskeva P. Is basic emergency ultrasound training feasible as part of standard undergraduate medical education? J Surg Educ. 2010;67:152-6.

Annexe 1 : Fiche de recueil des échographies sur sujets sains.

N°	*FAST*	*PLÈVRE*	*AORTE*	*VÉSICULE*	*VESSIE*
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
VALIDATION					
11					

Annexe 2 : Carnet de stage pour la cible VESSIE.

VESSIE

Date

VUE	NON VUE	*Volume (mL)*	*Globe +*	*Globe -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Volume (mL)*	*Globe +*	*Globe -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Volume (mL)*	*Globe +*	*Globe -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Volume (mL)*	*Globe +*	*Globe -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Volume (mL)*	*Globe +*	*Globe -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Volume (mL)*	*Globe +*	*Globe -*	Temps d'examen	Concordance expert

Annexe 2 : Carnet de stage pour la cible AORTE.

AORTE

Date

VUE	NON VUE	*Diamètre transversal sus rénal (mm)*	*AAA +*	*AAA -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Diamètre transversal sus rénal (mm)*	*AAA +*	*AAA -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Diamètre transversal sus rénal (mm)*	*AAA +*	*AAA -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Diamètre transversal sus rénal (mm)*	*AAA +*	*AAA -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Diamètre transversal sus rénal (mm)*	*AAA +*	*AAA -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Diamètre transversal sus rénal (mm)*	*AAA +*	*AAA -*	Temps d'examen	Concordance expert

Date

VUE	NON VUE	*Diamètre transversal sus rénal (mm)*	*AAA +*	*AAA -*	Temps d'examen	Concordance expert

Annexe 2 : Carnet de stage pour la cible FAST.

FAST

Date :	VUE	NON VUE	*Epanchement +*	*Epanchement -*	Temps d'examen	Concordance expert
MORRISON (hépato-rénal)						
KOHLER (spléno-rénal)						
DOUGLAS						
PERICARDE						

Date :	VUE	NON VUE	*Epanchement +*	*Epanchement -*	Temps d'examen	Concordance expert
MORRISON (hépato-rénal)						
KOHLER (spléno-rénal)						
DOUGLAS						
PERICARDE						

Date :	VUE	NON VUE	*Epanchement +*	*Epanchement -*	Temps d'examen	Concordance expert
MORRISON (hépato-rénal)						
KOHLER (spléno-rénal)						
DOUGLAS						
PERICARDE						

Date :	VUE	NON VUE	*Epanchement +*	*Epanchement -*	Temps d'examen	Concordance expert
MORRISON (hépato-rénal)						
KOHLER (spléno-rénal)						
DOUGLAS						
PERICARDE						

Annexe 2 : Carnet de stage pour la cible VÉSICULE BILIAIRE.

VÉSICULE BILIAIRE

Date

VUE	NON VUE	*Lithiase +*	*Lithiase -*	*Paroi épaissie (> 3 mm)*	*Paroi non épaissie*	Temps d'examen
Concordance expert						

Date

VUE	NON VUE	*Lithiase +*	*Lithiase -*	*Paroi épaissie (> 3 mm)*	*Paroi non épaissie*	Temps d'examen
Concordance expert						

Date

VUE	NON VUE	*Lithiase +*	*Lithiase -*	*Paroi épaissie (> 3 mm)*	*Paroi non épaissie*	Temps d'examen
Concordance expert						

Date

VUE	NON VUE	*Lithiase +*	*Lithiase -*	*Paroi épaissie (> 3 mm)*	*Paroi non épaissie*	Temps d'examen
Concordance expert						

Date

VUE	NON VUE	*Lithiase +*	*Lithiase -*	*Paroi épaissie (> 3 mm)*	*Paroi non épaissie*	Temps d'examen
Concordance expert						

Annexe 2 : Carnet de stage pour la cible PLÈVRE.

PLÈVRE

Date :	VU	NON VU	*Frottement +*	*Frottement -*	Temps d'examen	Concordance expert
DOME PLEURAL						
	VU	NON VU	*Epanchement +*	*Epanchement -*		
CUL DE SAC						

Date :	VU	NON VU	*Frottement +*	*Frottement -*	Temps d'examen	Concordance expert
DOME PLEURAL						
	VU	NON VU	*Epanchement +*	*Epanchement -*		
CUL DE SAC						

Date :	VU	NON VU	*Frottement +*	*Frottement -*	Temps d'examen	Concordance expert
DOME PLEURAL						
	VU	NON VU	*Epanchement +*	*Epanchement -*		
CUL DE SAC						

Date :	VU	NON VU	*Frottement +*	*Frottement -*	Temps d'examen	Concordance expert
DOME PLEURAL						
	VU	NON VU	*Epanchement +*	*Epanchement -*		
CUL DE SAC						