

L'ECHOGRAPHIE EN URGENCE DE LA TETE AUX PIEDS...

COMMENT LES ULTRASONS ONT CHANGE MA PRATIQUE

Ph. Pès¹, I. Arnaudet¹, F. Lapostolle²†, T. Petrovic²

¹Samu 44 – CHU de Nantes, Nantes

²Samu 93 – Hôpital Avicenne, Bobigny

† WINFOCUS-France (www.winfocus-france.org)

Correspondant : D^r Philippe PES

Samu 44 – CHU de Nantes

1 Quai Moncoussu

44093 NANTES Cedex

@ : philippe.pes@chu-nantes.fr / ppes@club-internet.fr

Points essentiels

- Ajoutées à l'examen clinique standard, les informations obtenues par échographie sont directement intégrées dans le raisonnement médical initial. Elle est pratiquée par le clinicien au lit du patient et répond à la définition d'Échographie Clinique d'Urgence (ECU).
- L'ECU au lit du malade ("point-of-care") diffère de l'échographie traditionnelle, centrée sur une vision organique et réalisée en dehors du lieu de prise en charge ("out-of-care"), par sa gestion de scénarios critiques parfois complexes qui imposent une approche par problèmes.
- L'ECU est habituellement réalisée simultanément à l'examen clinique, aux procédures de réanimation et même aux gestes techniques. Elle peut être répétée si besoin en fonction des changements de l'état clinique du patient.
- L'ECU est un outil majeur en médecine d'urgence lors de la prise en charge des patients critiques, et cela quel que soit le site de prise en charge (intra ou extra hospitalier).
- L'acquisition et l'interprétation des images échographiques « Point-of-care » intégrées aux protocoles de réanimation permettent une prise de décision rapide et efficace, et contribuent ainsi à améliorer le triage, le diagnostic, le traitement, la surveillance et le suivi des patients.
- Outil interdisciplinaire, l'ECU doit bénéficier d'un enseignement précoce afin de s'intégrer dans la pratique quotidienne le plus naturellement possible.

INTRODUCTION

L'échographie, longtemps considérée comme un examen complémentaire, est en passe de devenir un outil clinique à part entière. L'évolution de la médecine au cours de ces dernières décennies s'est pourtant faite sur un ensemble d'éléments technologiques totalement indépendants de l'examen clinique.

Depuis l'avènement du stéthoscope à la fin du XIX^e siècle, tout examen physique reste basé sur l'inspection, la palpation et l'auscultation. Loin d'être systématique, l'échographie clinique s'inscrit néanmoins comme une évolution majeure de notre pratique quotidienne en nous permettant une exploration visuelle globale au chevet du malade.

Peut-être sommes-nous, à l'instar de la réalité augmentée, arrivés dans l'ère de l'examen clinique écho-augmenté, de la tête aux pieds de notre patient, et cela du début à la fin de sa prise en charge.

HISTORIQUE : CE QUI A PERMIS D'ARRIVER A L'ÉCHOGRAPHIE DE CHEVET

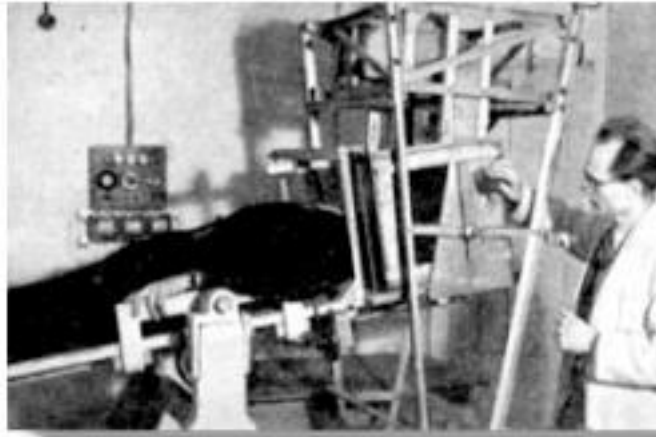
Pour en arriver au concept d'Échographie Clinique d'Urgence (ECU) et d'examen clinique augmenté, il a nécessairement fallu que d'une part la technologie évolue mais aussi que les techniques, les protocoles et les mentalités fassent de même.

DES ARMOIRES A ROULETTES A LA PORTABILITE...

Utilisés par de nombreuses espèces animales depuis les origines, ce n'est qu'en 1880 que l'effet piézo-électrique produisant des ultrasons est découvert par les frères Curie [1]. Pourtant, la première application n'est pas médicale, mais militaire. Il s'agit de « l'hydrophone », ancêtre du SONAR, premier générateur à ultrason mis au point par Paul Langevin en 1917 après le naufrage du Titanic et utilisé pour la détection des sous-marins pendant la Première Guerre mondiale [2].

Dans le domaine médical, les ultrasons furent tout d'abord utilisés pour le traitement plutôt que pour le diagnostic grâce au potentiel destructeur des hautes fréquences, et ce jusqu'aux années 1950. Le Pr Russell Meyers s'en servit ainsi dans le traitement de la maladie de Parkinson en détruisant certains ganglions de la base du crâne, alors que Peter Lindstrom rapporta l'utilisation des ultrasons pour pratiquer une lobectomie frontale antalgique chez les patients cancéreux au stade terminal.

Durant les années suivantes et sans plus de preuves scientifiques, les ultrasons furent souvent considérés comme un « remède miracle » pour de nombreuses pathologies (arthrose, douleurs diverses, ulcères gastroduodénaux, eczéma, asthme, thyrotoxicose, hémorroïdes, incontinence urinaire et même l'angine de poitrine). Cette utilisation incontrôlée a probablement fait émerger les effets néfastes des ultrasons et a pu restreindre le développement de l'échographie diagnostique dans les années qui suivirent [3].



Dussik and his apparatus in 1946

Figure 1 - 1^{ère} expérience de diagnostic par US - 1946

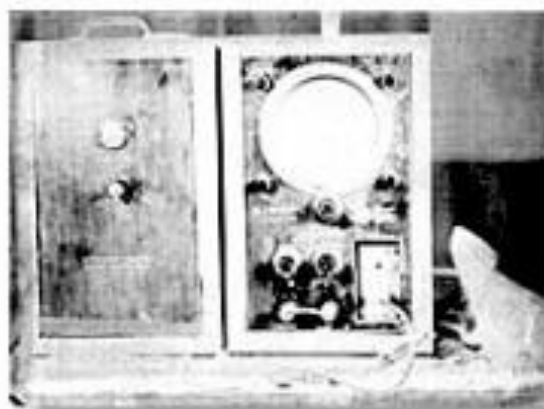
Les premières expériences de diagnostic médical avec les ultrasons remontent à la fin des années 30 et sont attribuées au D^r Karl Theo Dussik, neuropsychiatre autrichien, pour la détection des tumeurs cérébrale [4].

ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE

Plusieurs modes d'utilisation des ultrasons ont été progressivement mis au point :

Mode A (Amplitude)

Le seul élément piézo-électrique de l'échographe ne donnait qu'une ligne de tir. L'image obtenue était visible sous la forme d'une ligne sur l'écran d'un oscilloscope. Les accidents observés sur la ligne correspondaient aux échos générés par les structures présentes sur la ligne de tir. L'anatomie n'était pas directement observable. Néanmoins l'utilisation médicale était par exemple la mesure du diamètre bipariétal fœtal ou plus proche de notre pratique, la mesure du déplacement de la ligne médiane chez le traumatisé crânien.



Ludwig's A-mode apparatus
in his gallstone experiments

Figure 2 - La Machine de Ludwig - Mode A - 1946

Mode B (Brillance)

Puis est apparu le mode B pour « brillance » qui est toujours utilisé, mais signifie maintenant « Bidimensionnel ».

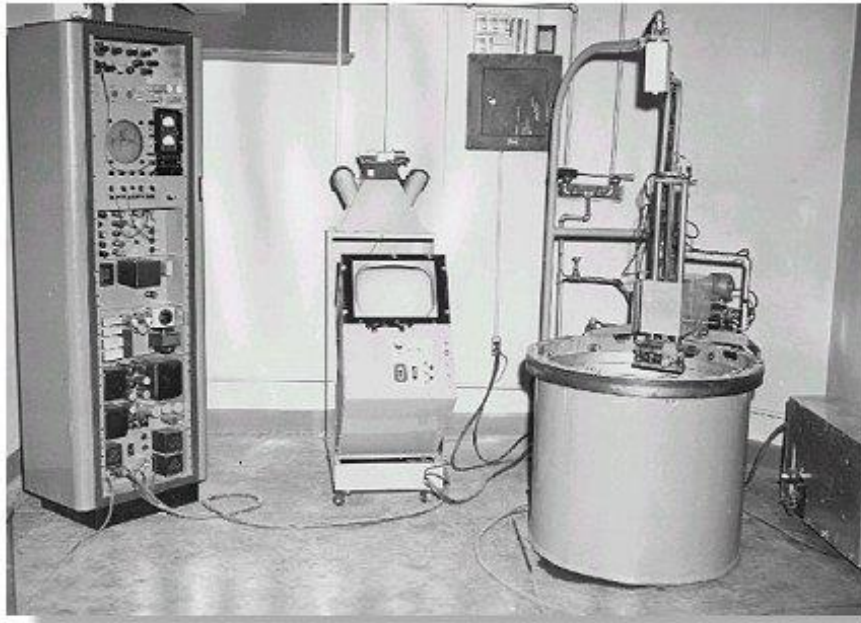
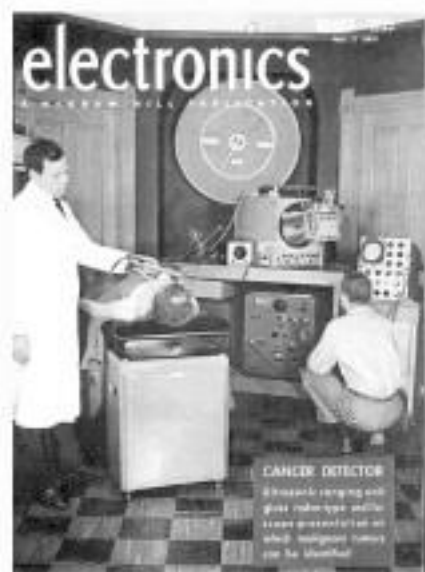


Figure 3 - Expérience de Holmes & Howry - 1950

Ce mode faisait apparaître sur un écran monochrome l'image échographique de l'anatomie telle que nous la connaissons. Initialement ce mode n'opérait pas en temps réel, mais nécessitait que le signal soit traité par des calculateurs dont le volume de la taille de plusieurs armoires rendait illusoire l'utilisation au lit du patient ou au « pied de l'arbre ».

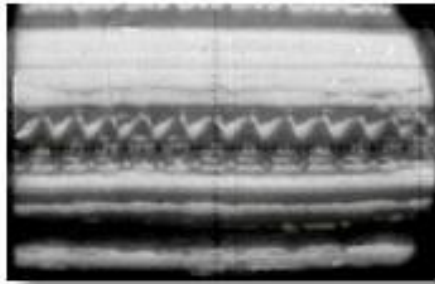


Wild and Reid's setup
reported in Electronics in 1955

Figure 4 - Mode B - Real time

Mode M (Time Motion)

C'est un mode unidimensionnel qui représente l'évolution d'une ligne de tir en mode B (ordonnée) suivant le temps (abscisse)



Early M-mode tracings are depicted on oscilloscope screens.

Figure 5 - Mode TM (Temps Mouvement)

. Ce mode permet d'évaluer précisément les structures mobiles et par exemple d'en évaluer la taille. C'est en 1964 que Xin-Fang Wang et son équipe du Wuhan Medical College (Wuhan, China) en décrivent l'utilisation dans la détection des anomalies cardiaque fœtales durant la grossesse.

Mode Doppler

L'effet Doppler, décrit en 1842 par le physicien et mathématicien autrichien Christian Doppler, met en équation la variation de la fréquence des ondes sonores émises par une source selon son sens de déplacement par rapport à un observateur fixe. Ce mode permet les mesures de flux et de vitesse. Des chercheurs japonais en décrivent l'utilisation pour les investigations cardiovasculaires dès le début des années 50.

Enfin, dès 1953, le développement concomitant des composants électroniques, circuits imprimés et transistors, fait s'élever la puissance de calcul des premiers « ordinateurs » et permet à la fois une relative miniaturisation des équipements et l'émergence de l'imagerie en temps réel [5]



Figure 6 - Premier Échographe "Temps Réel" – 1963

. La miniaturisation et l'augmentation de la puissance de calcul des machines vont suivre un développement exponentiel contribuant à l'émergence des appareils modernes, portables, voire ultraportables, pour une utilisation au lit du malade.

DES MAINS DES RADIOLOGUES A CELLES DES CLINIENS...

Ce sont surtout les gynéco-obstétriciens qui s'approprient les ultrasons dans un premier temps



An early articulated-arm compound static scanner from KretzTechnik, Austria**
A vaginal scanning device is seen on the left

Figure 7 - Échographie gynécologique

. Ainsi, le nombre des publications sur l'utilisation des ultrasons en gynéco-obstétrique passe de seulement une en 1958, publication princeps du Pr Ian Donald dans le Lancet [6], à 296 en 1978.

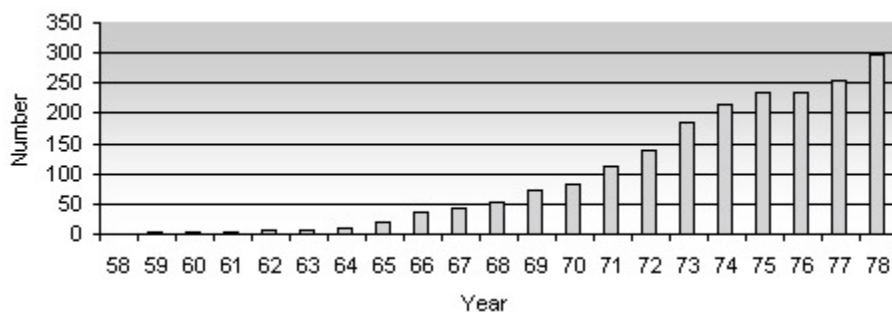


Figure 8 - croissance des publications en 20 ans

L'American Institute of Ultrasound in Medicine (AIUM), société savante fondée en 1952 initialement uniquement pour des médecins spécialisés en rééducation fonctionnelle, s'ouvrit en 1964 à tous les cliniciens utilisant les ultrasons. La première conférence internationale sur les échographies diagnostiques eut lieu à Pittsburgh (Pennsylvannia) en

1965. En Europe, l'EFSUMB (*European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology*) fut fondée en 1972 par la réunion de 13 sociétés savantes européennes.

Historiquement utilisée essentiellement par les radiologues pour des examens de l'abdomen (digestifs, uro-néphrologique et gynécologique) et du système veineux, un transfert de compétence s'est progressivement opéré entre radiologues et médecins cliniciens non-radiologues.

Alors que les cardiologues et les réanimateurs s'intéressèrent rapidement à l'outil, il faut attendre les années 1970 - 1980 pour voir émerger quelques expériences d'Echographie Clinique d'Urgence par les Urgentistes européens [7]. Paradoxalement et malgré les restrictions techniques, poids et autonomie des appareils, il s'agit de tentatives extrahospitalières [8].

LES MENTALITES...

La médecine d'urgence est une discipline polyvalente et traditionnellement transversale. Elle est construite autour de motifs de recours et non diagnostiques, contrairement à d'autres spécialités qui viennent en complément de la prise en charge initiale par l'urgentiste.

L'urgentiste dispose de peu de temps pour organiser une prise en charge efficace en termes de diagnostic, de thérapeutique et surtout d'orientation, en se servant essentiellement des raisonnements analogiques et probabilistes. Pour avancer dans son algorithme, l'urgentiste a besoin d'outils cliniques ou paracliniques à forte valeur prédictive positive ou négative, l'objectif étant souvent d'écartier une cause mettant en jeu le pronostic vital. Outre d'avoir des qualités intrinsèques, l'outil doit être disponible à tout moment de jour et de nuit, et être utilisable par l'urgentiste ou par un spécialiste en temps réel. L'échographie répond parfaitement à cet état d'esprit, en augmentant la sensibilité clinique. Cela a été largement confirmé par une littérature de plus en plus abondante.

FAST, eFAST, FASTER, FAST-ABCDE.

Depuis 1992, l'utilisation de l'échographie dans les services d'urgences outre-Atlantique a littéralement explosé. L'exploration abdominale ultrasonographique du traumatisé grave par un non-radiologue a progressivement supplanté la Ponction Lavage Péritonéal diagnostique [9,10,11,12] et donner naissance au premier protocole d'évaluation d'un éventuel épanchement liquidien libre dans les deux principales séreuses : péritoine et péricarde. C'est l'avènement du protocole FAST (**F**ocused **A**ssessment with **S**onography in **T**rauma ou Exploration Échographique Focalisée du Traumatisé) [13,14,15].

Il a été inclus depuis 1997 dans l'enseignement de l'Advanced Trauma Life Support (ATLS) par le Collège Américain de Chirurgie [16]. Depuis 2001, la formation à l'échographie d'urgence est recommandée pour tous les étudiants en médecine d'urgence

par le Collège Américain de Médecine d'Urgence et la Société Académique de Médecine d'Urgence [17]. Bien entendu de nombreux autres pays ont depuis recommandé l'enseignement et l'utilisation de l'ECU par les médecins urgentistes [18,19,20,21].

L'histoire de l'acronyme FAST est aussi révélatrice de l'évolution des mentalités. En effet, de Focused **Abdominal** Sonography for Trauma (grossièrement orienté sur l'organe) ce dernier a rapidement été transformé en Focused **Assessment** with Sonography for Trauma, ce qui répond beaucoup plus au concept basé sur le problème. Le FAST a été progressivement inclus dans des protocoles de plus en plus élaborés. Par exemple le protocole eFAST [22], pour Extended FAST qui inclut l'évaluation des plèvres, le protocole FASTER [23] qui inclut l'examen des extrémités et du tractus respiratoire ou encore plus récemment le FAST-ABCDE [24] qui adapte à l'esprit initial du FAST l'évaluation ultrasonographique des items de l'ABCDE de l'ATLS : Évaluation des voies aériennes (Airway), de la ventilation (Breathing), de la fonction hémodynamique et circulatoire (Circulation), des déficits neurologiques (Disabilities) et enfin évaluation de du reste du corps (Extrémités, membre, os, muscles et tissus mous) pour identification des lésions occultes pouvant menacer secondairement le pronostic vital et/ou fonctionnel. (Exposure).

Une dernière étape dans l'évolution de ce protocole est l'apparition de l'intégration des situations cliniques, initialement dénommé FAST CRASH pour **F**ocused **A**ssessment with **S**onography for **T**rauma in **C**ardiac arrest, **R**espiratory failure, **A**cute abdomen and **S**Hock. Cette évolution est en cours de validation par une conférence de consensus internationale à paraître courant 2016 sous le nom probable d'**i-FAST (integrated-FAST)**.

DE L'APPROCHE ORGANIQUE A L'APPROCHE BASEE SUR LE PROBLEME...

C'est au final très rapidement et naturellement que s'est imposée une approche pragmatique de l'Échographie Clinique d'Urgence. D'une approche traditionnelle basée sur l'organe, « verticale », « One shoot » et consommatrice de temps médical, nous sommes arrivés à un paradigme transversal et multifocal basé sur le contexte et la clinique, approche dite « basée sur le problème ».

Le schéma ci-dessous en décrit le principe fondamental.

Philosophie « Point-of-care »

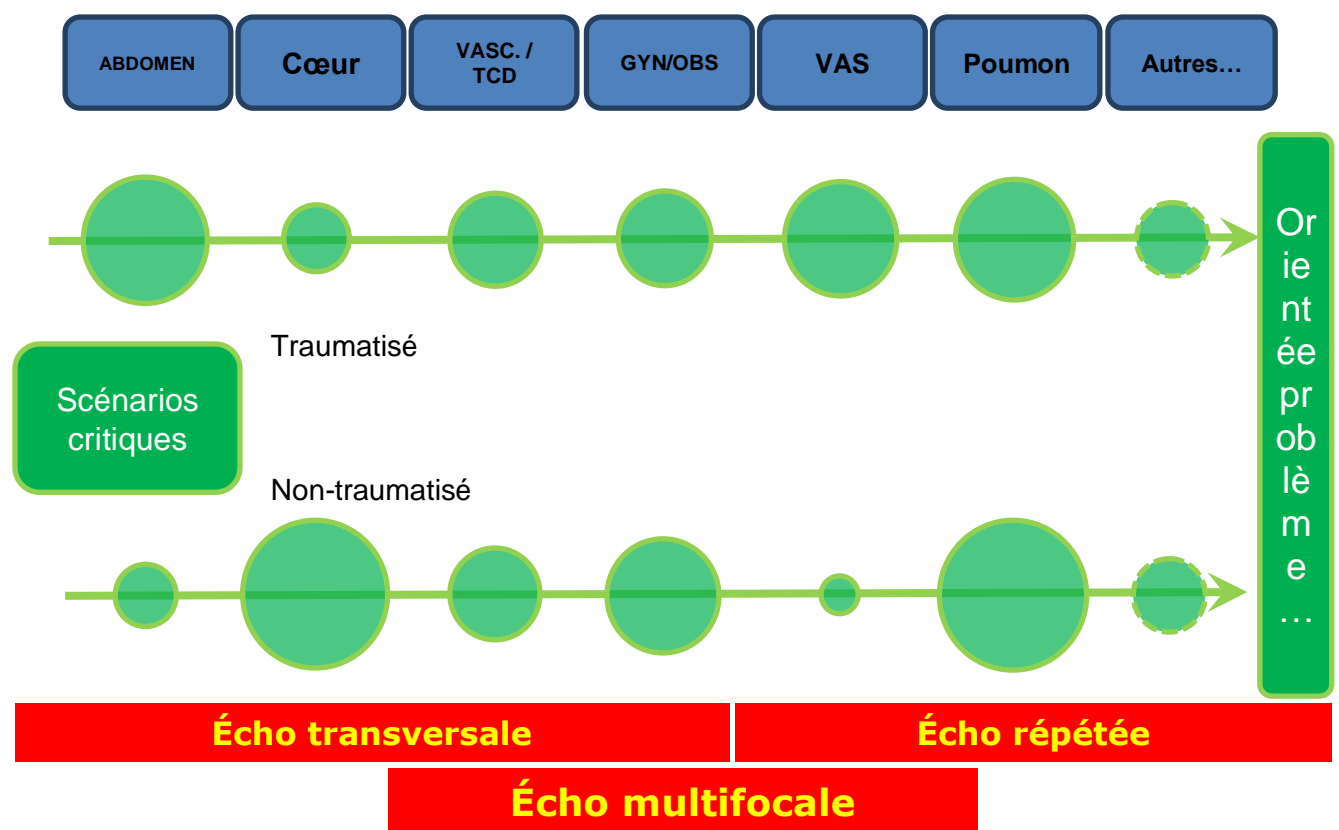


Figure 9 - d'après T. Petrovic & WINFOCUS – HK-2013

Selon le type de scénario dans lequel se présente le patient (trauma ou non) et selon la détresse principale et/ou le signe clinique d'appel, l'ECU va apporter des réponses pondérées selon les organes supposés en cause. Ainsi dans une détresse hémodynamique consécutive à un traumatisme grave la pondération de l'examen focalisé sur l'abdomen et le thorax (réservoirs) est supérieure à celle du cœur (la pompe). A

l'inverse la même détresse chez un patient non traumatisé conduit à focaliser l'ECU vers le cœur et les poumons prioritairement.

Le FAST Intégré (i-FAST) propose l'intégration de différents protocoles. Par exemple une situation fréquente notamment en préhospitalier est la prise en charge de l'arrêt cardiaque (ACR). Un premier protocole dénommé FEER, puis FEEL a été proposé en 2007 et 2010 [25,26]. Il intègre dans la réanimation spécialisée une évaluation ultrasonographique focalisée permettant, en moins de 10 secondes, d'affirmer ou d'infirmer 4 des 8 causes curables à rechercher lors d'un arrêt cardiaque afin d'en optimiser la prise en charge thérapeutique. D'autres protocoles sont aussi intégrés comme le FALLS [27] ou le RUSH [28] pour l'évaluation de l'état de choc et le BLUE-Protocole pour la détresse respiratoire [29]. Cependant, au-delà de la prise en charge « héroïque » de l'ACR, citons l'examen focalisé de la vessie dans l'évaluation secondaire dite de « la tête aux pieds » pouvant détecter en quelques secondes un globe chez le vieillard confus et agité, voire même identifier sa cause qui par exemple pourrait être due à une malposition de la sonde urinaire...



Figure 10 - Position anormale (intravaginale) de la sonde urinaire. Diagnostic confirmé par échographie environ 10 heures après la pose.

ULTRASOUND ENHANCED CRITICAL MANAGEMENT CYCLE (USCMC)

Au total, il est possible de décrire l'intégration complète de la prise en charge du patient grâce au schéma du « cycle de prise en charge écho-augmentée » (*UltraSound Enhanced Critical Management Cycle*). Il comprend 5 principales étapes intégrant l'ECU pour chacune d'elle. Les applications ultrasonographiques des phases 1 (Évaluation initiale) et 3 (Évaluation secondaire) sont détaillées dans les tableaux 1 et 2. L'ECU est également primordiale dans les phases 2 (gestes de réanimation immédiats), 4 (Soins définitifs) et 5 (suivi et monitoring continu) de ce cycle de prise en charge. La phase 2 est artificiellement séparée de la première, elle répond néanmoins aux gestes de ressuscitation à mettre immédiatement en œuvre après identification de la cause d'une détresse (« traiter en premier ce qui tue en premier ») [30]. Finalement l'ECU est utilisable pendant la phase de traitement définitif (Phase 4) et dans la surveillance et le monitoring continu (Phase 5). À chacune de ces phases, l'apparition de nouveaux signes cliniques doit faire réviser la priorité de l'examen focalisé et recommencer la procédure FAST-ABCDE au point de départ.

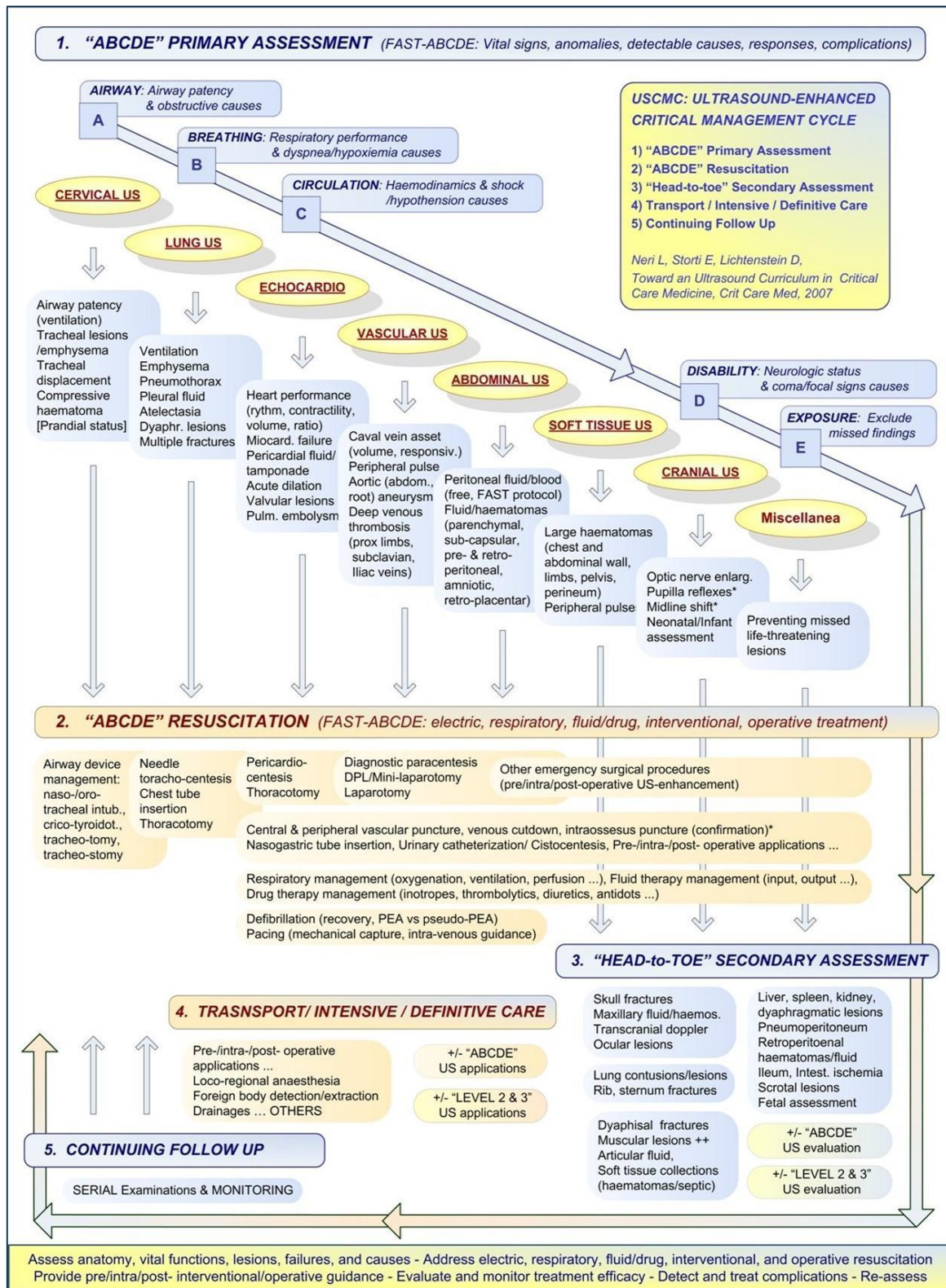


Figure 11 - d'après Néri L, Storti E et Lichtenstein D.

Tableau 1 : Objectifs d'évaluation ultrasonographique dans l'évaluation primaire du patient en état critique – Approche basée sur le problème au format ABCDE like :

Problème	Évaluation primaire (ABCDE) Écho-augmentée	Procédures Écho-Aidées
A (Airway)	Voies aériennes <ul style="list-style-type: none"> • Trachée : Lésions, déplacement, emphysème, hématomes compressifs • Malposition de la sonde endotrachéale 	<ul style="list-style-type: none"> • Intubation endotrachéale • Cricotomie
B (Breathing)	Poumon, plèvre et diaphragme <ul style="list-style-type: none"> • Absence / asymétrie ventilatoire • Pneumothorax, emphysème sous-cutané • Épanchement pleural liquidien • Syndrome interstitiel • Condensation parenchymateuse • Dysfonction / paralysie diaphragmatique 	<ul style="list-style-type: none"> • Ponction à l'aiguille • Drainage
C (Circulation)	Évaluation hémodynamique et cardiaque <ul style="list-style-type: none"> • Rythme (asystolie, rythme sans pouls, DEM) • Tamponnade • Dysfonction systolique gauche sévère • Dysfonction ventriculaire (droite et gauche) • Cœur pulmonaire aigu • Profil volémique (hypovolémie sévère) • Dysfonctionnement valvulaire sévère • Masse intracardiaque Évaluation de la veine cave Épanchements péricardiques Épanchements pleuraux Épanchements péritonéaux Évaluation de l'aorte crosse et abdominale Évaluation du placenta Évaluation des troncs veineux fémoro-poplités	<ul style="list-style-type: none"> • Péricardioscentèse • Drain et ponctions pleurales • Voies veineuses (périphériques et centrales) • Voies intraosseuses
D (Disability)	Évaluation neurologique <ul style="list-style-type: none"> • Diamètre du nerf optique • Trans-fontanellaire (pédiatrique / néonat.) • Pupilles (taille, symétrie et réactivité) • Doppler transcrânien 	
E (Exposure)	Évaluation de l'ensemble des autres zones anatomiques (extrémités, membres, os et muscles) Élimination des lésions occultes pouvant menacer secondairement le pronostic vital et/ou fonctionnel.	<ul style="list-style-type: none"> • KT sus-pubien et urétral • Position de la sonde gastrique

Tableau 2 : Objectifs d'évaluation ultrasonographique dans l'évaluation secondaire dite « de la tête aux pieds » du patient en état critique :

Système	Évaluation secondaire Écho-augmentée	Procédures Écho-Aidées
Tête et cou	<ul style="list-style-type: none"> • Fractures crânes et os de la face • Sinus maxillaire (hémosinus/sinusite) • Lésion oculaire évidente • DTC, pupilles, ligne médiane, • Tissus mous face et cou (hématomes, abcès, corps étranger) • Vaisseaux du cou (carotides / veines) 	Drainage diagnostique/évacuateur Retrait de corps étranger Anesthésie locorégionale Accès vasculaires
Thorax	Poumon : <ul style="list-style-type: none"> • Contusions / condensations • Syndromes interstitiels • Abscesses et autres pathologies infectieuses • Fractures sternum, côtes, clavicules • Effusions pleurales secondaires Évaluation cardiaque et hémodynamique : <ul style="list-style-type: none"> • Fonction systolique (visuelle et mesurée) • Estimation précharge • Fonction ventriculaire droite • Cœur pulmonaire aigu • Akinésie et dyskinésie segmentaires • Dysfonctions valvulaires • Endocardite infectieuse 	Drainage diagnostique/évacuateur Retrait de corps étranger Anesthésie locorégionale
Abdomen	Tissus mous, paroi : <ul style="list-style-type: none"> • Hématome • Abscesses • Corps étranger Foie et rate : <ul style="list-style-type: none"> • Hématome et lésions volumineuses Vésicule biliaire : <ul style="list-style-type: none"> • Lithiase • Cholécystite Reins : <ul style="list-style-type: none"> • Hématome • Lésions vasculaires • Hydronéphrose • Lithiase Diaphragme : <ul style="list-style-type: none"> • Abscesses sous-diaphragmatique • Dysfonctionnement mécanique / paralysie Péritoine : pneumopéritoine Tractus intestinal : <ul style="list-style-type: none"> • Iléus • Appendicite • Abscesses collectés et cloisonnés Rétro péritoine : hématomes volumineux Aorte : Anévrisme, dissection, rupture Veines iliaques / VCI : thrombose Vessie : <ul style="list-style-type: none"> • Calculs et sédiments • Globe • Position du ballonnet de sonde Périnée : <ul style="list-style-type: none"> • Hématomes, abscesses, corps étrangers • Scrotum aigu (trauma, inflammation, torsion) Utérus : <ul style="list-style-type: none"> • Grossesse intra-utérine • Évaluation basique fœtale, amniotique et placentaire 	Drainage diagnostique/évacuateur Retrait de corps étranger Cathétérisation
Membres	Tissus mous : <ul style="list-style-type: none"> • Hématomes • Abscesses • Corps étranger Fractures : Diaphyse os long et os plats Épanchement liquidien intra-articulaire	Retrait de corps étranger Ponctions diagnostiques

CONCLUSION

L'Échographie Clinique d'Urgence (ECU) apparaît donc comme un outil en passe de devenir indispensable au XXI^{ème} siècle. La technologie autorise son application n'importe où, du théâtre des opérations militaires à la station spatiale orbitale, en passant par des lieux plus conventionnels comme un domicile, un cabinet médical, une chambre d'hôpital, un service de soins intensifs ou les urgences.

Le paradigme de l'échographie d'organe a cédé la place à celui d'échographie clinique d'urgences. L'utilisation raisonnée de l'échographie selon une approche transversale conditionnée par le problème du patient offre une amélioration majeure de la sensibilité de l'examen clinique.

Les générations des futurs praticiens bénéficieront d'un apprentissage de la médecine avec le support échographique. Leur aisance usuelle à l'utilisation des nouvelles technologies leur offre déjà une acquisition facile de l'outil.

En conclusion, l'échographe est en train de supplanter le stéthoscope classique lorsqu'il est utilisé auprès du patient ayant un problème aigu dans le cadre de l'ECU. Il devrait permettre, entre des mains entraînées, une meilleure appréhension de la nécessité ou non d'examen complémentaires coûteux et irradiants pour chaque patient.

Références

1. Curie. J.P., Curie. Développement par pression de l'électricité polaire dans les cristaux hémiedres à faces inclinées. C.R. Acad. Sci. 1880 ! (Paris) 91:294.
2. Chilowsky C.M. Langévin. M.P. Procédés et appareils pour production de signaux sous-marins dirigés et pour la localisation à distances d'obstacles sous-marins. 1916. French patent no. 502913.
3. J. Woo A short History of the development of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html> Dernière révision Nov. 2006 - dernière consultation le 1er septembre 2015
4. Dussik, K.T. On the possibility of using ultrasound waves as a diagnostic aid. *Neurol. Psychiat.* 1992 ;174:153-168.
5. Holmes, J.H., Howry, D.H., Posakony, G.J. and Cushman, C.R. (1954) The ultrasonic visualization of soft tissue structures in the human body. *Trans. Am. Clin. Climatol. Assoc.* 66:208-223
6. Donald, I., MacVicar, J. and Brown, T.G. (1958) Investigation of abdominal masses by pulsed ultrasound. *Lancet* 1:1188-1195.
7. Kristensen JK, Bueman B, Keuhl E. Ultrasonic scanning in the diagnosis of splenic haematomas. *Acta Chir Scand* 1971;137 :653-7
8. Massen H, Mercat C. Intérêt des explorations par les ultrasons dans les véhicules de transport primaires d'urgence des malades ou blessés. *Rev SAMU.* 1983 ; 7 : 321-4.
9. Hoffmann R, Nerlich M, Muggia-Sullam M, Pohlemann T, Wippermann B, Regel G, Tscherne H. Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography: a prospective analysis of 291 patients. *J Trauma.* 1992;32:452-8
10. Liu M, Lee CH, P'eng FK. Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomographic scanning, and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma. *J Trauma.* 1993;35:267-70
11. Rozycki GS, Ochsner MG, Jaffin JH, Champion HR. Prospective evaluation of surgeons' use of ultrasound in the evaluation of trauma patients. *J Trauma.* 1993;34:516-26
12. Rozycki GS, Ochsner MG, Schmidt JA, Frankel HL, Davis TP, Wang D, Champion HR. A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment. *J Trauma.* 1995;39:492-8; discussion 498-500
13. Boulanger BR, Brenneman FD, McLellan BA, et al. A prospective study of emergent abdominal sonography after blunt trauma. *J Trauma* 1995;39:325-330
14. Boulanger BR, McLellan BA, Brenneman FD and al. Emergent abdominal sonography as a screening test in a new diagnostic algorithm for blunt trauma. *J Trauma* 1996;40:867-874

15. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, et al. Focused assessment with sonography for trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma* 1999;46:466-4
16. American College of Surgeons—Committee on Emerging Surgical Technology and Education: Statement on ultrasound examinations by surgeons. *Bull Am Coll Surg* 1998; 83:37-40
17. American College of Emergency Physicians: ACEP emergency ultrasound guidelines 2001. *Ann Emerg Med* 2001; 38:470–481
18. Canadian Emergency Ultrasound Society. CEUS recommended standards. Available at: <http://www.ceus.ca/002-standards/002-00.standards.htm>. Dernier accès 1er septembre 2015
19. Australasian College for Emergency Medicine. Policy document—credentialing for ED ultrasonography: Trauma examination and suspected AAA. Available at: <https://www.acem.org.au/getattachment/797900b1-8d0d-40f7-887a-6cccb3ba7d6c/Policy-on-the-Use-of-Bedside-Ultrasound-by-Emergen.aspx>. Dernier accès le 1er septembre 2015
20. Società Italiana Medica di Emergenza-Urgenza. Linee Guida SIMEU GIMUPS 2005;7:29–32
21. Royal College of Radiologists, Faculty of Clinical Radiology. Ultrasound training recommendations for medical and surgical specialties. Available at: https://www.bmus.org/static/uploads/resources/BFCR1217_ultrasound_training.pdf. Dernier accès le 1er septembre 2015
22. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG, Hameed SM, Brown R, Simons R, Dulchavsky SA, Hamilton DR, Nicolaou S. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J Trauma*. 2004;57:288-95
23. Dulchavsky SA, Henry SE, Moed BR, Diebel LN, Marshburn T, Hamilton DR, Logan J, Kirkpatrick AW, Williams DR. Advanced ultrasonic diagnosis of extremity trauma: the FASTER examination. *J Trauma*. 2002;53:28-32
24. Neri L, Storti E, Lichtenstein D. Toward an ultrasound curriculum for critical care medicine. *Crit Care Med*. 2007;35(5 Suppl):S290-304.
25. Breitzkreutz R1, Walcher F, Seeger FH. Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: concept of an advanced life support-conformed algorithm. *Crit Care Med*. 2007;35(5 Suppl):S150-61.
26. Breitzkreutz R1, Price S, Steiger HV, Seeger FH, Ilper H, Ackermann H, Rudolph M, Uddin S, Weigand MA, Müller E, Walcher F; Emergency Ultrasound Working Group of the Johann Wolfgang Goethe-University Hospital, Frankfurt am Main. Focused echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: a prospective trial. *Resuscitation*. 2010;81:1527-33. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.07.013.

27. Lichtenstein DA. Fluid administration limited by lung sonography: the place of lung ultrasound in assessment of acute circulatory failure (the FALLS-protocol) *Expert Rev Respir Med* 2012; 6: 155–162
28. Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. The RUSH exam: Rapid Ultrasound in SHock in the evaluation of the critically ill. *Emerg Med Clin North Am.* 2010;28:29-56
29. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: The BLUE protocole. *Chest* 2008;134:117-25
30. ATLS Subcommittee; American College of Surgeons' Committee on Trauma; International ATLS working group. Advanced trauma life support (ATLS®): the ninth edition. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013 May;74(5):1363-6. doi: 10.1097/TA.0b013e31828b82f5.