

# PHILIPS

Philips Auto ElastQ

## Améliorer la qualité et le flux de travail d'évaluation de la rigidité hépatique

Gary Ng, Ph.D  
Chercheur clinique principal, Philips

### Présentation

Le logiciel Auto ElastQ, introduit sur les échographes Philips EPIQ Elite et Affiniti, est conçu pour améliorer la qualité et la cohérence des mesures de rigidité hépatique et rationaliser le processus d'exécution de ces mesures lors d'un examen échographique abdominal global.

### Contexte

Auto ElastQ est une nouvelle fonction de mesure automatisée pour l'imagerie par ondes de cisaillement 2D (ElastQ) Philips Ultrasound. ElastQ permet de visualiser la rigidité hépatique sur une région 2D. Avec ElastQ, une impulsion acoustique est utilisée pour "pousser" les tissus dans la direction axiale, perpendiculairement à la face de la sonde. Cette impulsion de poussée génère une onde transversale (ou de cisaillement) qui se déplace parallèlement à la face de la sonde. L'onde de cisaillement se déplace plus rapidement dans les tissus rigides et plus lentement dans les tissus mous. Par conséquent, la vitesse de l'onde de cisaillement peut être utilisée pour estimer la rigidité du tissu sous-jacent. Auto ElastQ est une méthode automatisée de mesure de la rigidité sur l'image ElastQ.

L'élastographie par ondes de cisaillement dans l'échographie est devenue une méthode couramment admise de mesure de la rigidité hépatique. Des comités d'experts tels que la Society for Radiologists in Ultrasound (SRU) ont formulé des recommandations de prise en charge clinique des patients en fonction de ces valeurs mesurées<sup>1</sup>.

L'un des avantages d'ElastQ par rapport aux méthodes de quantification ponctuelle antérieures (telles que l'imagerie par ondes de cisaillement ponctuelles Philips Ultrasound – ElastPQ) est que les artefacts sur l'image d'onde de cisaillement 2D peuvent être visualisés et évités lors de la mesure avec ElastQ. Certains artefacts courants incluent la réverbération de la paroi abdominale, ainsi que les vaisseaux dans la région ElastQ. Pour obtenir une mesure précise de la rigidité hépatique, la vitesse de l'onde de cisaillement doit être estimée dans un tissu homogène où la propagation de l'onde de cisaillement est uniforme.

## Défis actuels des mesures par élastographie

Bien que l'élastographie par ondes de cisaillement 2D soit disponible depuis plusieurs années, la réalisation de mesures de haute qualité avec une faible variabilité interopérateurs demeure difficile. Une partie de la variabilité peut être réduite en normalisant le protocole d'acquisition, y compris les conseils sur le positionnement du patient et la gestion de la respiration. Malgré cela, la mesure réelle de la rigidité hépatique, même après une acquisition de haute qualité, peut rester très variable d'un utilisateur à l'autre.

### Cela peut être attribué à plusieurs facteurs :

1. **Manque de cohérence temporelle** : pour obtenir une image d'onde de cisaillement cohérente de haute qualité dans le foie, les ondes de cisaillement doivent disposer de suffisamment de temps pour se générer, se propager et atteindre un état stable. Il a été observé que certains utilisateurs n'attendaient pas assez longtemps pour qu'une image d'onde de cisaillement stable se forme. Si le patient respire toujours librement, une partie de l'image d'onde de cisaillement peut présenter des artefacts transitoires dus au mouvement respiratoire. Les mesures effectuées sur ces artefacts transitoires ne refléteront pas la rigidité hépatique réelle.
2. **Subjectivité** : les utilisateurs sont formés pour effectuer leurs mesures dans une région du foie où la valeur de rigidité est représentative de ce qui est indiqué dans la zone ElastQ. Cette sélection est relativement simple pour les foies mous normaux où l'image d'onde de cisaillement est uniforme (**voir Figure 1**). L'imagerie devient de plus en plus difficile et subjective avec des foies malades, cirrhotiques (**voir Figure 2**). Dans ces foies, l'image d'onde de cisaillement tend à être plutôt hétérogène, et trouver une région représentative relève souvent de la subjectivité de l'utilisateur.

3. **Présence d'artefacts** : alors que les utilisateurs plus expérimentés peuvent reconnaître et éviter les artefacts sur l'image lors de la prise d'une mesure, les utilisateurs moins expérimentés peuvent avoir du mal à reconnaître les artefacts tels que la réverbération.

Au-delà de la question de la variabilité inter-opérateurs, la prise de multiples mesures de rigidité requises dans un protocole d'élastographie est chronophage. Cela implique généralement plusieurs acquisitions dans lesquelles le patient doit effectuer des apnées répétées, puis l'utilisateur fait défiler chaque acquisition pour sélectionner l'image souhaitée pour les mesures, et enfin place la région d'intérêt (ROI) de mesure à l'emplacement approprié sur l'image. Ce processus augmente la durée de l'examen, ralentit la prise en charge des patients et augmente les risques de blessures dues aux mouvements répétitifs des cliniciens effectuant l'examen.

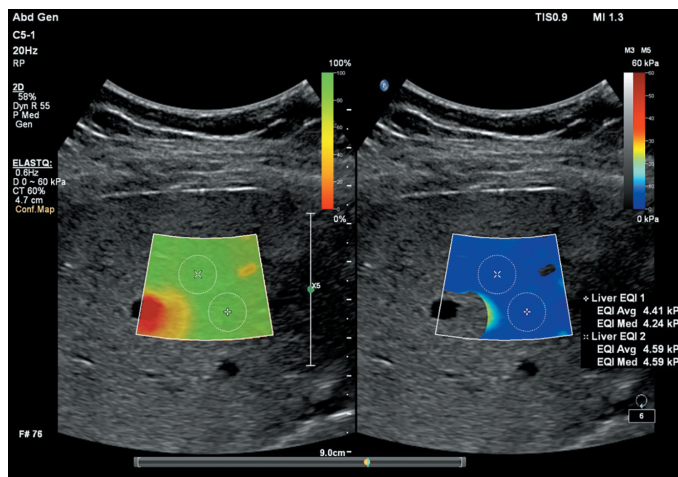


Figure 1  
Image ElastQ d'un foie normal avec de faibles valeurs de rigidité.

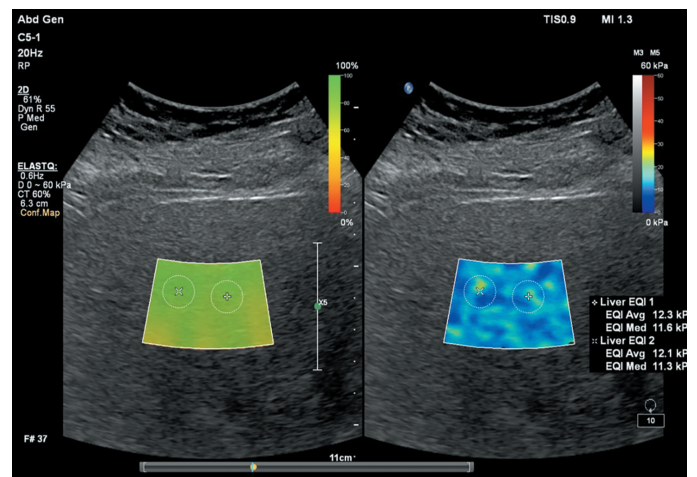


Figure 2  
Image ElastQ d'un foie rigide d'un patient atteint d'une cirrhose connue.



## Principes de fonctionnement d'Auto ElastQ

Auto ElastQ est une fonctionnalité des plates-formes Philips EPIQ Elite et Affiniti qui améliore la qualité de la mesure de la rigidité hépatique en rationalisant le processus d'obtention des mesures de rigidité. Pour ce faire, elle sélectionne automatiquement les images d'une séquence d'images Cineloop du foie qui seront utilisées pour les mesures. Parmi ces images sélectionnées, Auto ElastQ analyse l'image ElastQ et place automatiquement la ROI de mesure à un emplacement approprié sur l'image en fonction de divers paramètres d'analyse d'image.

### Sélection automatique d'image

Au cours d'un examen d'élastographie, l'utilisateur trouve la fenêtre acoustique appropriée, maintient la sonde stable et demande au patient de faire une apnée. Pendant ce temps, l'utilisateur observe la série d'images ElastQ à l'écran et clique sur "Freeze" (Mettre en pause) lorsque plusieurs images ont été acquises. Avec le processus de travail ElastQ manuel, l'utilisateur doit alors faire défiler dans la mémoire de séquences d'images Cineloop, inspecter chaque image ElastQ et déterminer si elle est acceptable pour les mesures.

Avec Auto ElastQ, le logiciel analyse automatiquement la série d'images ElastQ et sélectionne jusqu'à trois images pour les mesures en fonction de la stabilité temporelle de celles-ci (**Figure 3**).

La sélection d'image se fait en comparant chaque image ElastQ unique à ses images adjacentes. Les paramètres utilisés pour classer la stabilité de chaque image comprennent entre autres :

- Différence "image à image" entre une image et les images qui se trouvent juste avant et juste après cette image.
- Pourcentage de remplissage dans la zone ElastQ. Il s'agit d'une mesure du nombre de pixels se trouvant dans la zone qui dépassent le seuil de confiance sélectionné.

Les images présentant la combinaison d'une faible différence "image à image" et d'un remplissage élevé sont sélectionnées par l'algorithme Auto ElastQ et présentées à l'utilisateur.

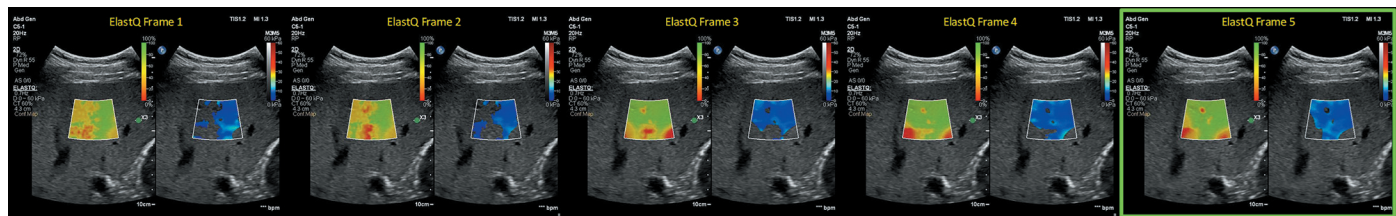


Figure 3

Série d'images d'élastographie capturées au cours d'une acquisition de 6 secondes. La propagation de l'onde de cisaillement devient de plus en plus stable au fil du temps, ce qui entraîne une augmentation du remplissage de la zone ElastQ. L'image finale (surlignée en vert) est sélectionnée comme l'image la plus stable pour la mesure en fonction de sa similitude avec l'image précédente et du degré élevé de remplissage.

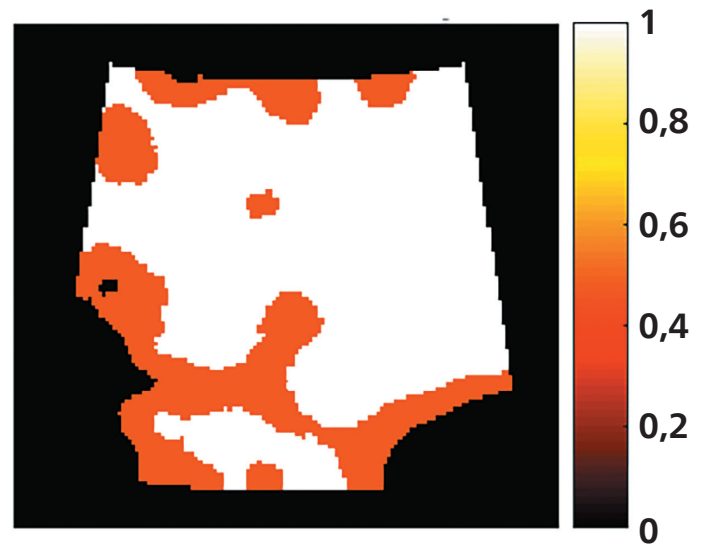
## Positionnement de la ROI automatique

Pour chaque image sélectionnée, Auto ElastQ détermine l'emplacement de la ROI de mesure en fonction de plusieurs caractéristiques de l'image ElastQ.

### Prévalence de la valeur de rigidité

Le positionnement manuel correct de la ROI exige que l'utilisateur positionne la ROI dans une zone de l'image d'élastographie représentative de la rigidité globale sur l'ensemble de l'image. Par exemple, une image ElastQ acquise d'un foie mou sera principalement bleue dans l'échelle de couleurs par défaut. Dans ce cas, la ROI doit être placée dans une zone bleue représentative. En comparaison, un foie rigide apparaît généralement vert et la ROI doit donc être placée dans une zone verte représentative, même si l'image comporte également de petites zones bleues.

Pour trouver la région la plus représentative des valeurs de rigidité dans la zone ElastQ, Auto ElastQ examine la valeur de rigidité à chaque emplacement de pixel et détermine quel pourcentage de pixels dans la zone ont des valeurs similaires à ce pixel. Des valeurs de prévalence élevées sont attribuées aux emplacements où les valeurs de rigidité sont visibles dans toute l'image. Les emplacements disposant de valeurs qui ne sont pas représentées ailleurs se voient attribuer des valeurs de prévalence faibles (**Figure 4**).

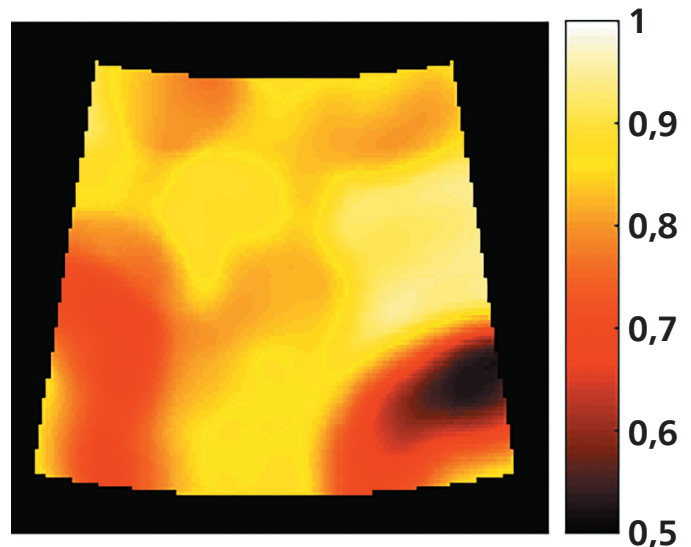


**Figure 4**  
Carte de prévalence montrant la prévalence d'une valeur de rigidité donnée par rapport au reste de l'image ElastQ. Les emplacements de pixels colorés en blanc (segment supérieur de l'échelle) représentent des valeurs de rigidité qui apparaissent à de nombreux autres emplacements de la zone, tandis que les emplacements de pixels colorés en rouge (segment inférieur de l'échelle) représentent des valeurs de rigidité non présentes ailleurs.

### Lissage

L'estimation de la vitesse des ondes de cisaillement repose sur l'hypothèse que les ondes de cisaillement se propagent dans un milieu homogène. Une façon de caractériser l'homogénéité du milieu et l'uniformité des ondes de cisaillement générées consiste à observer l'écart-type local des sous-régions sur l'image d'onde de cisaillement (**Figure 5**). L'écart-type local est plus faible lorsque le tissu est homogène et plus élevé dans les régions présentant des vaisseaux sous-jacents, une réverbération ou des artefacts transitoires. Auto ElastQ place préférentiellement la ROI dans les régions dont les valeurs d'écart-type local sont les plus faibles.

L'importance de placer la ROI dans des régions à faible écart-type a été rapportée dans des publications telles que Brattain, et al<sup>2</sup>. Les recommandations les plus récentes relatives à l'élastographie hépatique de la World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology (WFUMB)<sup>3</sup> indiquent de prendre l'écart-type local sur la rigidité moyenne pour chaque ROI de mesure et de minimiser ce rapport pour améliorer la qualité de chaque mesure.



**Figure 5**  
Carte de lissage montrant l'écart-type local des sous-régions de l'image ElastQ.

### Stabilité temporelle

Enfin, Auto ElastQ estime la stabilité temporelle de chaque sous-région de l'image par rapport aux images voisines. Les artefacts dus au mouvement sont généralement transitoires et apparaissent dans une seule image et non dans les images adjacentes. Les sous-régions comportant des artefacts montrent une faible stabilité temporelle, tandis que les sous-régions avec des ondes de cisaillement uniformes montrent un degré élevé de stabilité temporelle (**Figure 6**). Auto ElastQ sélectionne préférentiellement des sous-régions dotées d'une stabilité temporelle élevée.

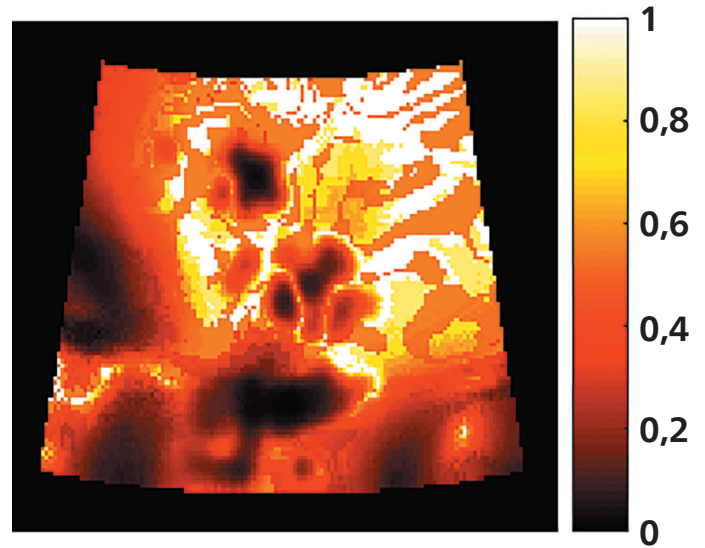


Figure 6  
Carte de stabilité temporelle montrant les similarités ou les différences de chaque sous-région par rapport aux images ElastQ adjacentes.

### Carte thermique finale

Les cartes de prévalence, de lissage et de stabilité temporelle de la zone d'imagerie ElastQ sont combinées pour former une carte thermique composite. La ROI de mesure est ensuite placée au plus fort de la carte thermique composite (**Figure 7**).

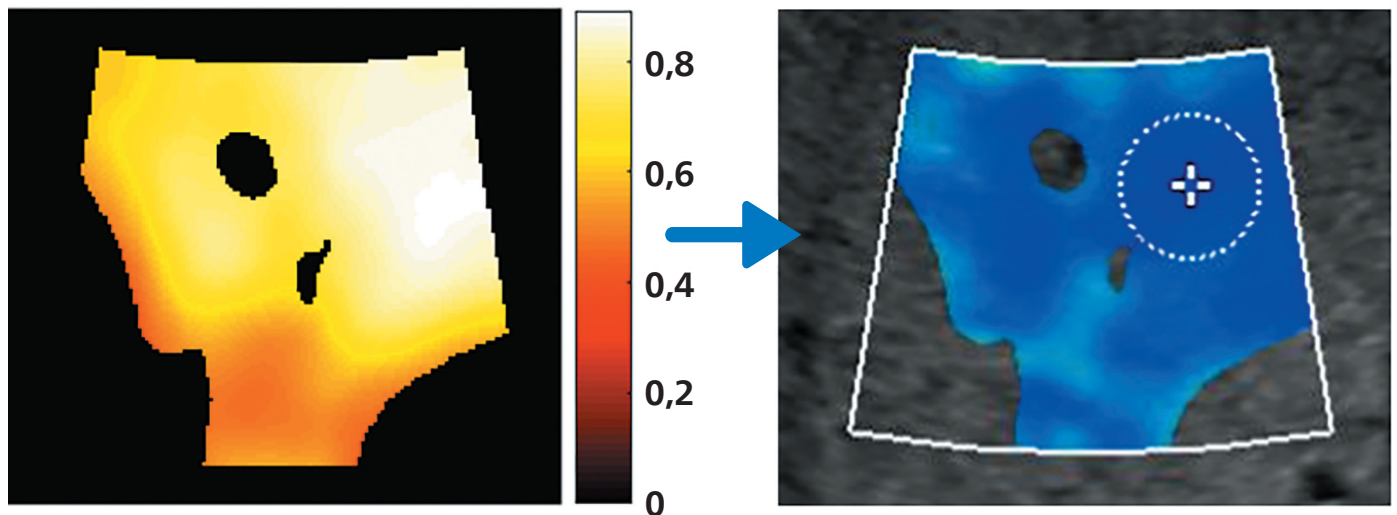


Figure 7  
Carte thermique finale basée sur une combinaison des autres cartes thermiques. Le cercle de mesure est placé au plus fort de la carte thermique finale.

## Interface utilisateur

Lorsque le bouton Auto ElastQ de l'écran tactile Elasto est activé (**Figure 8**), le système détermine automatiquement les trois images à utiliser pour les mesures et affiche la première des trois images lorsque le bouton "Freeze" (Mettre en pause) est enfoncé. La ROI est initiée et placée à l'emplacement souhaité en fonction de la carte thermique composite décrite.

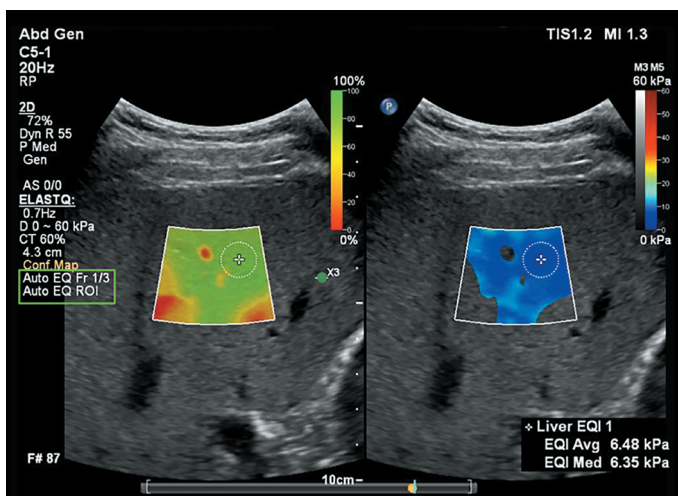


**Figure 8**  
Écran tactile Elasto affichant le bouton Auto ElastQ. L'activation de ce bouton permet au système de sélectionner automatiquement les images et les emplacements pour la mesure de la rigidité hépatique.

Lorsque Auto ElastQ effectue les mesures ElastQ, la zone d'affichage des informations sur l'image affiche les informations supplémentaires mises en évidence par la zone verte de la **Figure 10**.

**Auto EQ Fr 1/3** (Auto EQ image 1/3) : indique qu'il s'agit de la première des trois images sélectionnées par Auto ElastQ pour les mesures. L'utilisateur est libre de sélectionner une image différente de celle choisie par Auto ElastQ, mais cela provoque la disparition du libellé "Auto EQ Fr 1/3".

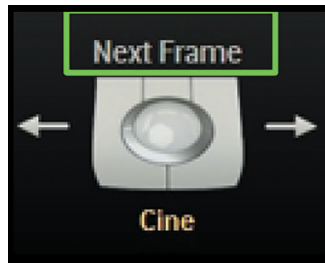
**Auto EQ ROI** : indique que la ROI affichée sur l'image a été placée par Auto ElastQ. L'utilisateur peut déplacer la position de cette ROI manuellement à l'aide du trackball. Cela provoque la disparition du libellé "Auto EQ ROI".



**Figure 10**  
Image ElastQ avec la première ROI de mesure sélectionnée par Auto ElastQ.

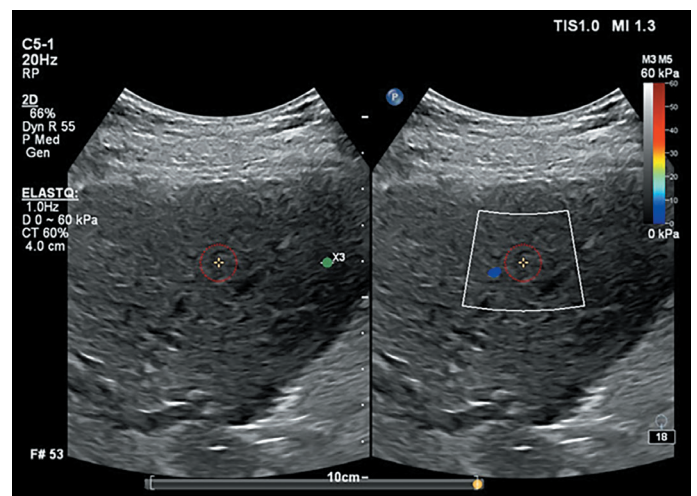
Si l'utilisateur est d'accord avec l'image sélectionnée et la position de la ROI, appuyer sur le bouton "Acquire" (Acquérir) enregistre l'image et attribue les valeurs mesurées au premier libellé "Liver EQ1" (EQ1 hépatique). La commande "Next Frame" (Image suivante) apparaît dans le bouton au-dessus du trackball (**Figure 9**). Si l'utilisateur appuie sur le bouton "Next Frame" (Image suivante), le système passe à la deuxième image des trois images sélectionnées et place la ROI sur la deuxième image en fonction de la carte thermique composite pour cette image.

Cette séquence peut être répétée une fois de plus pour obtenir la troisième mesure.



**Figure 9**  
La commande "Next Frame" (Image suivante) permet à l'utilisateur de passer à l'image suivante appropriée pour effectuer des mesures ElastQ.

**Remarque** : la durée de capture de séquence d'images Cineloop recommandée est d'environ six secondes après que le patient a interrompu sa respiration. Si la durée de la séquence est plus courte, la fonction Auto ElastQ peut fournir moins de trois images à l'utilisateur pour les mesures. Dans les cas où toutes les images affichent un remplissage minimal (< 50 %) à l'intérieur de la zone, Auto ElastQ place la ROI de mesure au milieu de la zone ElastQ, colorée en rouge, pour indiquer que l'algorithme n'a pas pu trouver une image ou un emplacement approprié pour la mesure. (**Figure 11**) Il appartient à l'utilisateur de décider si la ROI doit être placée manuellement ou si une nouvelle acquisition ElastQ est nécessaire.



**Figure 11**  
Image ElastQ dans laquelle l'absence de données ElastQ dans la zone entraîne l'insertion d'un cercle de ROI rouge au milieu de la zone, indiquant que Auto ElastQ n'a pas pu trouver un emplacement approprié pour la mesure.

## Résumé des données des études cliniques

Une étude rétrospective a été menée à partir des données de 107 patients, répartis sur trois sites, suspectés ou diagnostiqués d'une stéatose hépatique non alcoolique (NAFLD), d'une stéatohépatite non alcoolique (NASH) ou d'une cirrhose entre août 2020 et août 2024. Les données démographiques de la population de patients sont présentées dans le **Tableau 1**. Chaque sujet a été examiné avec la sonde C5-1 sur l'échographe Philips EPIQ Elite et trois boucles d'élastographie ont été acquises pour chaque patient. Trois mesures par boucle ont été effectuées sur chacune des trois boucles de chaque patient par chaque lecteur expert individuel, pour un total de neuf mesures par patient. La valeur médiane des neuf mesures était le résultat d'élastographie pour ce patient par chaque lecteur expert. Les résultats des lecteurs experts ont été moyennés et utilisés comme valeur de rigidité hépatique mesurée manuellement pour chaque patient. Pour le résultat Auto ElastQ, les trois boucles ont été analysées en "Review" (Examen) sur un système Philips EPIQ Elite avec la version logicielle Elevate. La médiane des neuf mesures Auto ElastQ des trois boucles a été établie comme rigidité hépatique mesurée par Auto ElastQ pour chaque patient.

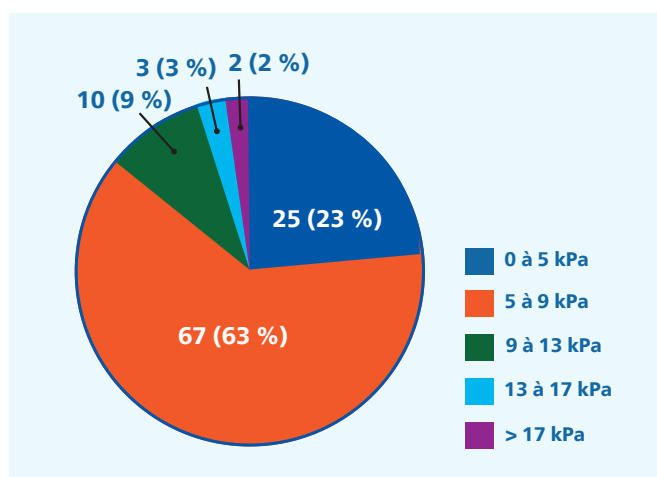
| Ensembles de données (N=107)               |                                       |
|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| Moyenne $\pm$ ET (N) (Min, Max) ou % (n/N) |                                       |
| <b>Âge (années)</b>                        | 54,6 $\pm$ 12,8 (102*) (24,86)        |
| <b>Sexe</b>                                |                                       |
| Hommes                                     | 38,3 % (41/107)                       |
| Femmes                                     | 61,7 % (66/107)                       |
| <b>Groupe ethnique</b>                     |                                       |
| Asiatique                                  | 3,7 % (4/107)                         |
| Noir ou Afro-américain                     | 4,7 % (5/107)                         |
| Blanc                                      | 89,7 % (96/107)                       |
| Hispanique/Latino                          | 1,9 % (2/107)                         |
| <b>Taille (cm)</b>                         | 168,6 $\pm$ 10,0 (107) (144,0, 198,1) |
| <b>Poids (kg)</b>                          | 90,2 $\pm$ 21,2 (107) (53,5, 149,2)   |
| <b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>              | 31,6 $\pm$ 6,4 (107) (20,2, 50,0)     |

\*Les informations sur l'âge n'étaient pas disponibles pour cinq des sujets.

**Tableau 1**  
Données démographiques de la population de l'étude clinique.

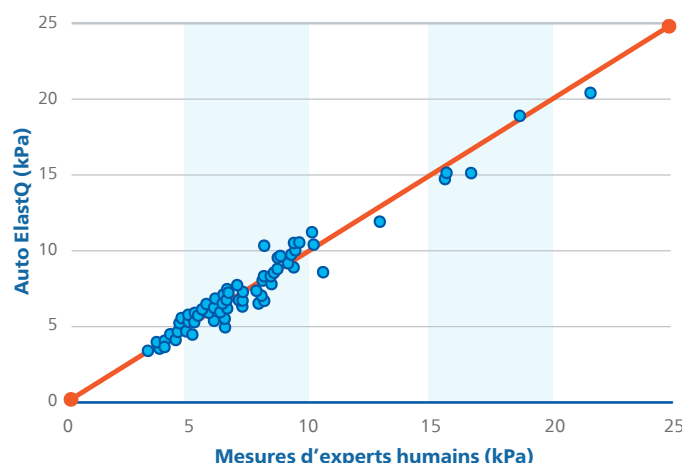
La **Figure 12** montre la distribution des valeurs de rigidité hépatique des patients de l'étude en utilisant la "règle des quatre" indépendante du fournisseur des recommandations du comité d'experts de la SRU. La **Figure 13** montre le tracé des mesures de rigidité effectuées par Auto ElastQ par rapport aux résultats moyens des lecteurs experts humains. Une bonne concordance entre Auto ElastQ et les experts humains est démontrée avec un coefficient de corrélation de la concordance de Lin de 0,97 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,96, 0,98).

## Répartition des patients



**Figure 12**  
Répartition des valeurs de rigidité hépatique des patients en fonction des catégories décrites dans la "règle des quatre" utilisée dans les recommandations du comité d'experts de la SRU.

## Auto ElastQ vs experts humains



**Figure 13**  
Mesures Auto ElastQ comparées aux mesures effectuées sur les mêmes ensembles de données par des experts humains.

## Gain de temps dans les mesures d'élastographie hépatique

Dans le cadre de l'étude rétrospective, le temps nécessaire pour effectuer les neuf mesures d'élastographie pour chaque sujet a également été recueilli. Le temps de mesure par sujet a été estimé en comparant le temps de la première mesure et celui de la dernière mesure. Vingt sujets ont été sélectionnés au hasard, et la durée moyenne des mesures manuelles effectuées par les trois lecteurs experts humains a été comparée au résultat obtenu lorsque trois autres lecteurs humains ont effectué les mesures à l'aide d'Auto ElastQ.

La durée moyenne des mesures manuelles était de 175 secondes (écart-type  $\pm 61$  secondes) contre 70 secondes (écart-type  $\pm 36$  secondes) pour les mesures d'élastographie assistées par Auto ElastQ. L'analyse effectuée sur le temps demandé pour les deux groupes montre une réduction statistiquement significative ( $p < 0,0001$ ) du temps de mesure, avec les mesures assistées par ElastQ étant 60 % plus rapides que les mesures manuelles (Figure 13).

## Temps moyen demandé pour les mesures

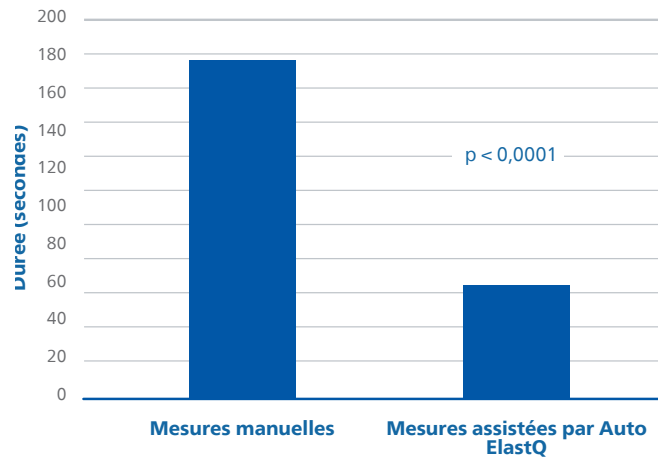


Figure 12

Différence de temps moyen pour les deux groupes : mesures d'élastographie manuelle et mesures d'élastographie assistées par Auto ElastQ. Le temps demandé a été moyenné pour trois lecteurs de chaque groupe et parmi les 20 ensembles de données.

## Conclusion

Auto ElastQ est un nouvel outil important pour réduire la subjectivité liée aux mesures de rigidité hépatique avec ElastQ. Cet outil examine les différences entre les images d'une séquence d'images Cineloop afin de sélectionner les images appropriées pour les mesures de rigidité hépatique. Dans les images sélectionnées, l'image ElastQ est analysée par Auto ElastQ pour décider où placer la ROI de mesure. Il s'agit d'un outil qui intègre bon nombre des meilleures pratiques relatives aux mesures d'élastographie hépatique. Ce faisant, il améliore non seulement la cohérence des mesures ElastQ, mais il rationalise également le processus de travail et réduit le temps nécessaire à la mesure de la rigidité hépatique dans le cadre d'un examen échographique abdominal global.

## Références

1. Barr RG, Wilson SR, Rubens D, Garcia-Tsao G, Ferraioli G. Update to the Society of Radiologists in Ultrasound Liver Elastography Consensus Statement. Radiology Vol. 296, pp. 263–274, 2020.
2. Brattain LJ, Ozturk A, Telfer BA, Dhyani M, Grajo JR, Samir AE. Image processing pipeline for liver fibrosis classification using ultrasound shear wave elastography. Ultrasound in Med. & Biol., Vol. 46, No. 10, pp. 2667-2676, 2020.
3. Ferraioli G, Barr RG, Berzigotti A, et al. WFUMB Guideline/Guidance on Liver Multiparametric Ultrasound: Part 1. Update to 2018 Guidelines on Liver Ultrasound Elastography. Ultrasound in Med. & Biol., Vol. 50, pp. 1071–1087, 2024.

Les systèmes EPIQ et Affiniti sont des dispositifs médicaux de classe IIa, fabriqués par Philips et dont l'évaluation de la conformité a été réalisée par l'organisme notifié BSI CE2797. Ils sont destinés au diagnostic médical par imagerie ultrasonore. Les actes diagnostiques sont pris en charge par les organismes d'assurance maladie dans certaines situations. Lisez attentivement la notice d'utilisation. Juin 2025

