

# L' ELASTOGRAPHIE PEUT ELLE MODIFIER NOS STRATEGIES?

*Catherine Balu-Maestro.NICE*

## ELASTOGRAPHIE

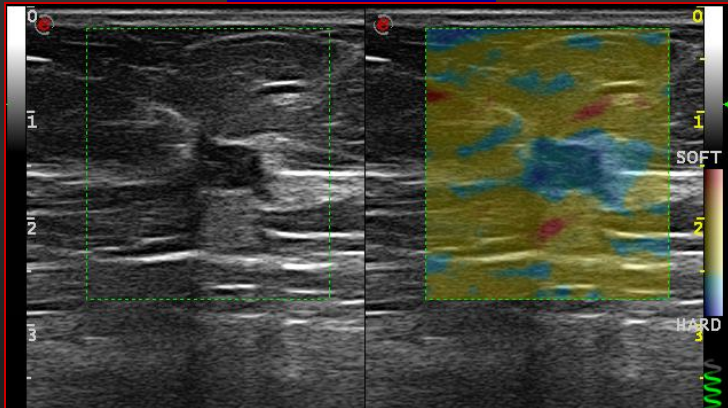
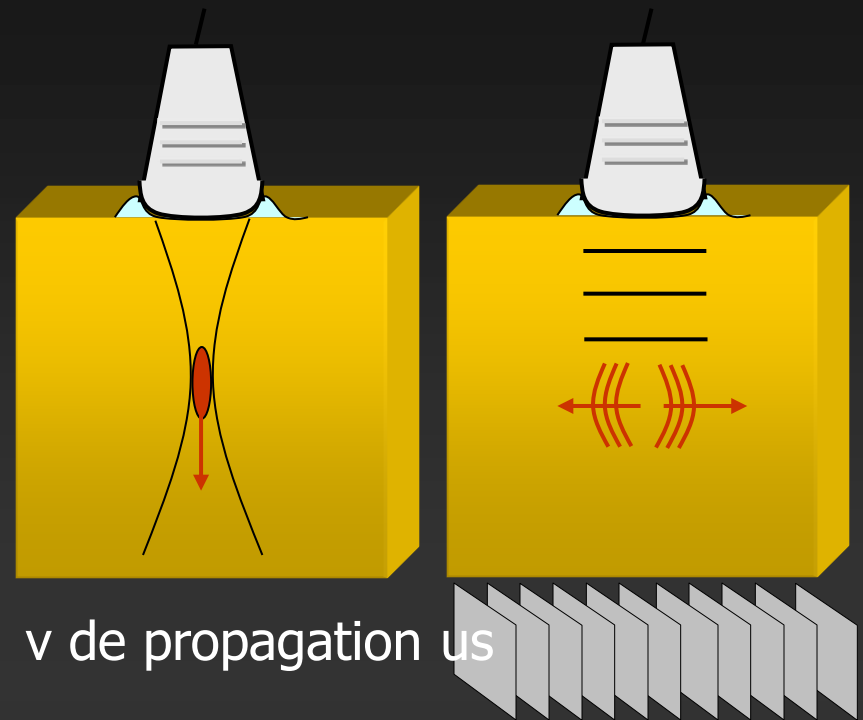
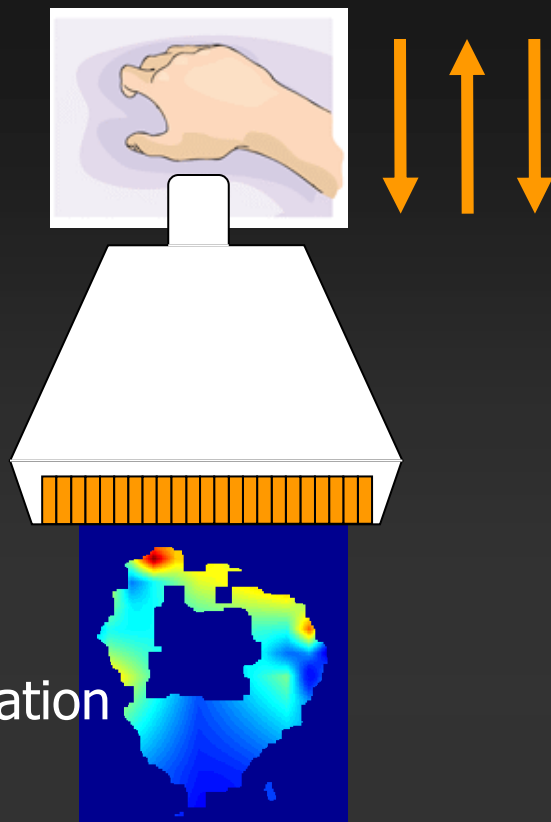
- Estimation de la dureté des tissus

//Examen clinique

- 2 techniques f° action sur les tissus

élastographie statique : déformation

par onde de cisaillement : vitesse de propagation des ondes us



**ELASTOGRAPHIE STATIQUE**

**PAR ONDE DE CISAILLEMENT**

# ELASTOGRAPHIE STATIQUE

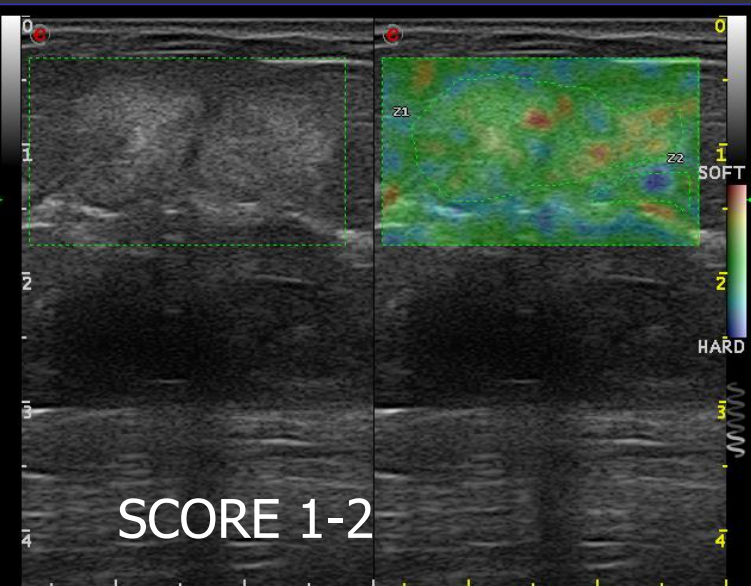
Mouvements peu amples de pression décompression

→ Image de la déformation

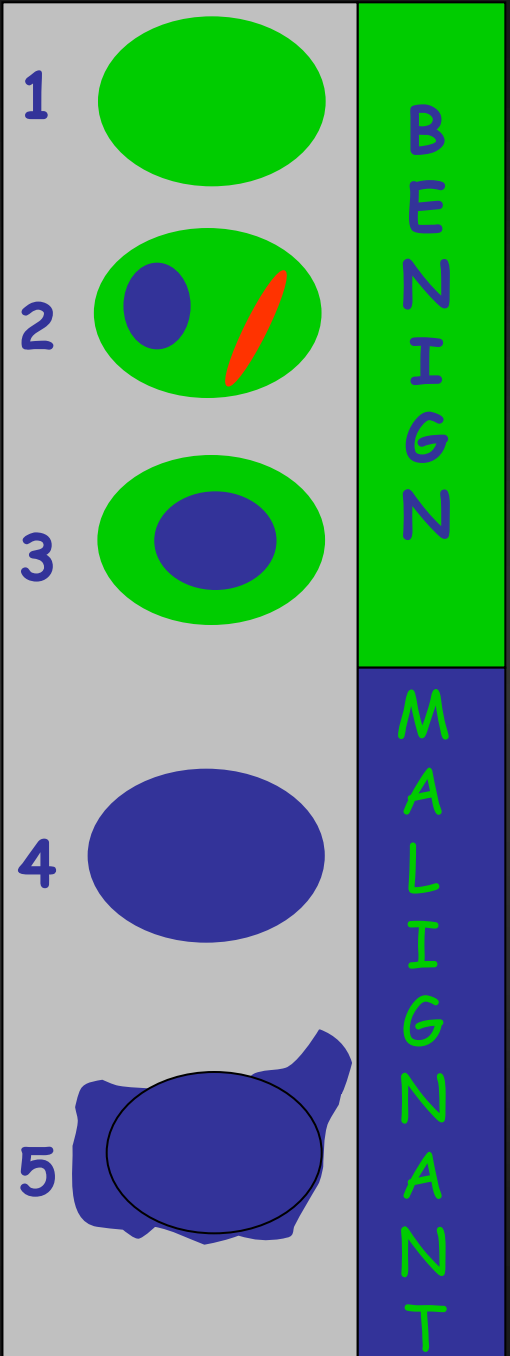
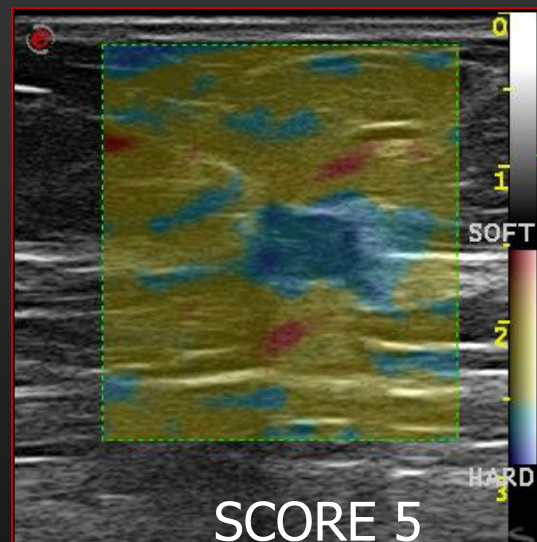
Déplacement codé en Échelle couleur

Acquisition en temps réel et en couleur

Classification de UENO

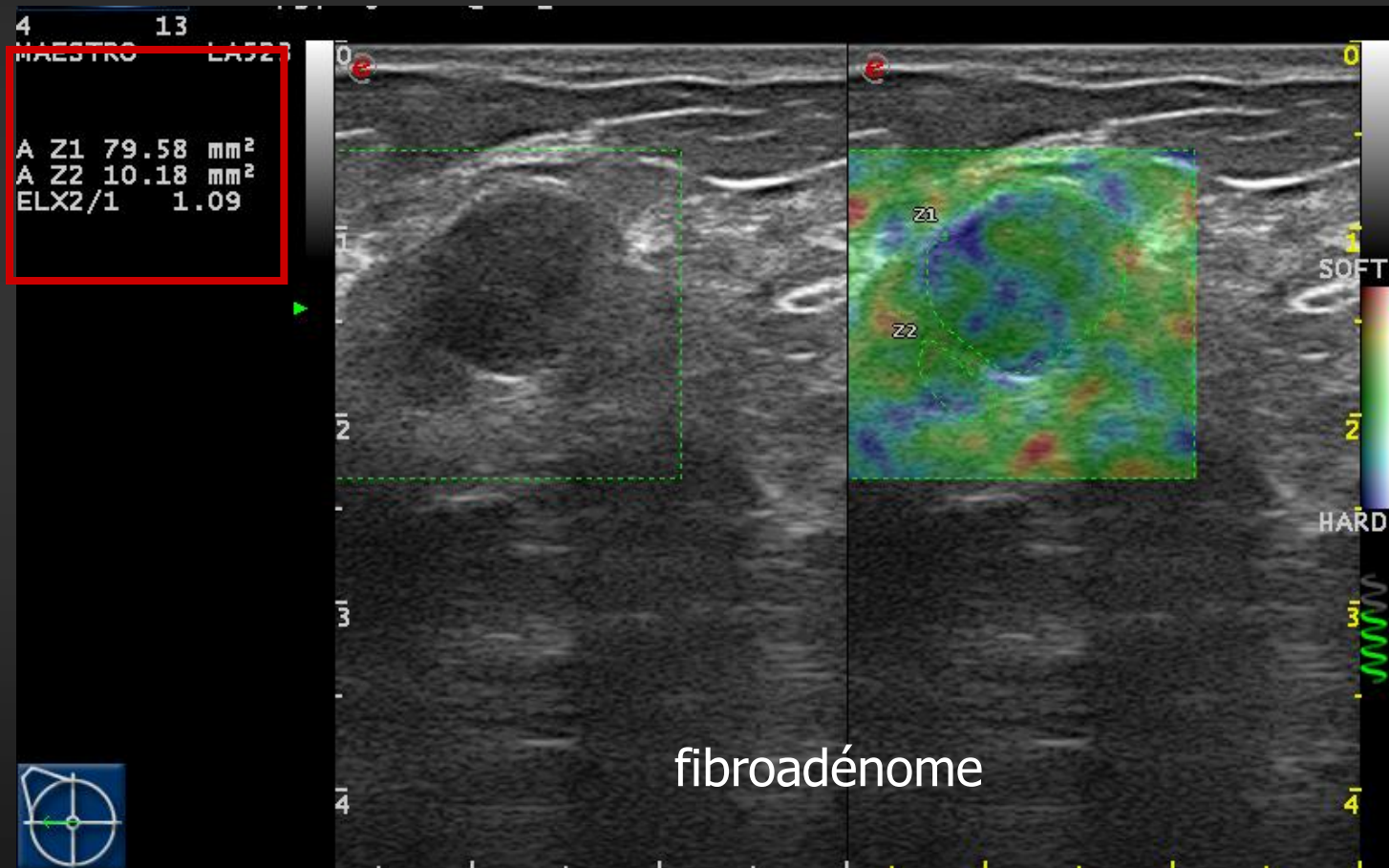


*couleur bleue → tissu dur*  
*couleur rouge → tissu mou*



# ELASTOGRAPHIE STATIQUE

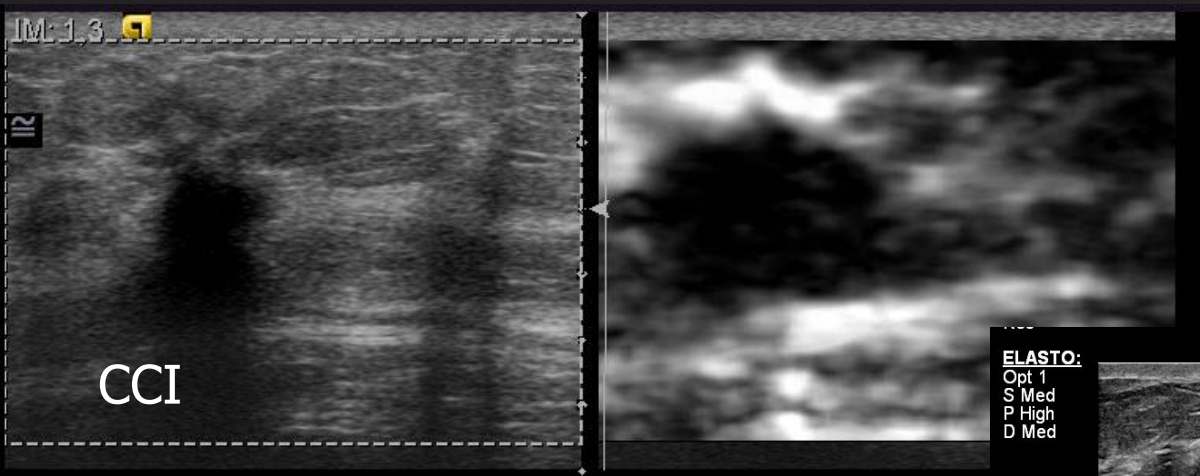
Semi-quantitative « relative »  
ratio lésion/tissu environnant



# ELASTOGRAPHIE STATIQUE: autres aspects

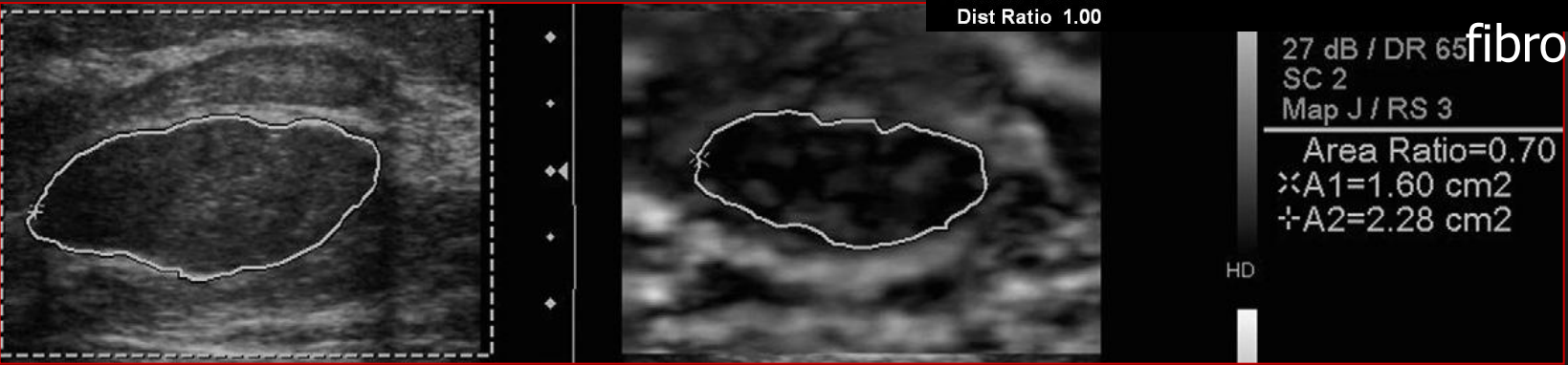
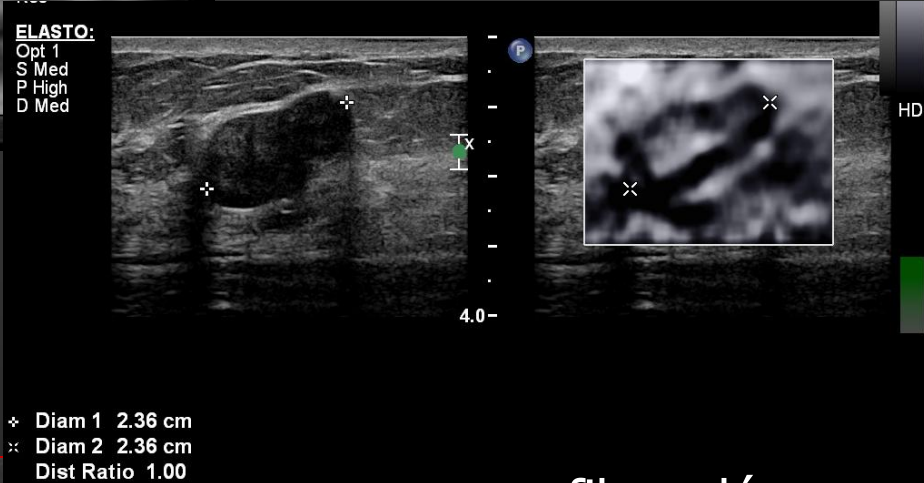
Mouvements peu amples de pression décompression → Image de la déformation

- Déplacement codé en Échelle de gris
- Acquisition en temps réel



- VARIATION de taille (/diamètres transverses ou des aires)  
Elastographie statique /mode B

C BALLEYGUIER



fibroadénomes

# ELASTOGRAPHIE PAR ONDE DE CISAILLEMENT

$$E = S/e = \text{contrainte}/\text{déformation} = 3 \rho c^2$$

- par onde de cisaillement : impulsion d'onde de cisaillement  
mesure vitesse de propagation  $\Rightarrow E$
- 2 constructeurs  
SuperSonic Imagine® : ELASTOGRAPHIE SHEAR WAVE (SWE) Aixplorer

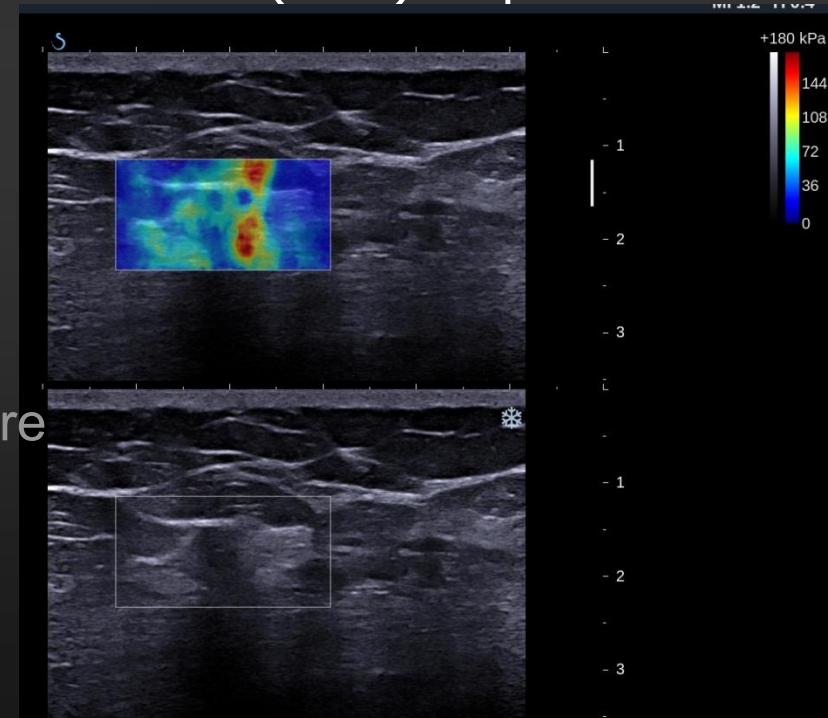
SIEMENS ® : ARFI

- + PHILIPS

Modèle de YOUNG

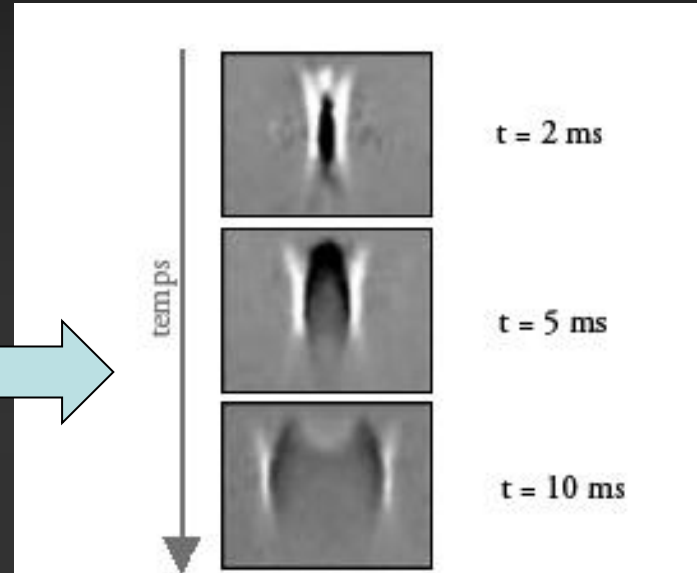
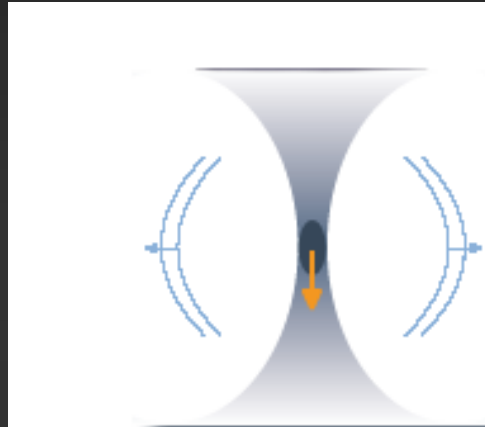
$\rho$  : masse volumique : cte

$c$  : vitesse de propagation de l'onde ultrasonore



# les ondes de cisaillement SWE SUPERSONIC IMAGING

source : force de radiation d'un faisceau ultrasonore focalisé  
EN UNE SEULE SEQUENCE

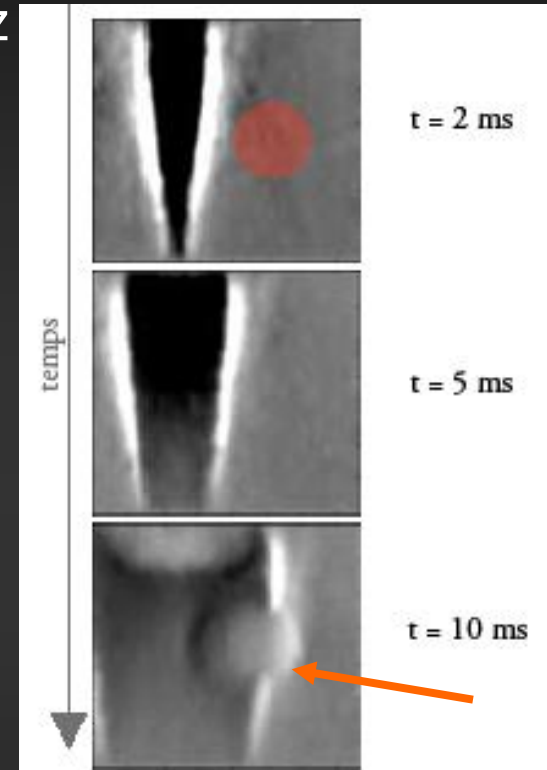
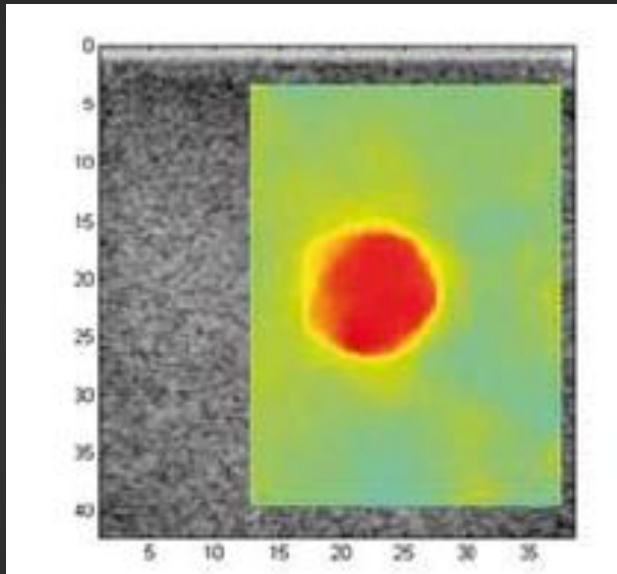


amplification par focalisation à vitesse supersonique



# imagerie ULTRAFAST SWE

vitesse de propagation des ondes de cisaillement 1 à 10 m/s(=>champ 20ms)  
capture => ↑ fréquence (cadence) d'acquisition 20000Hz  
=20 000 images /seconde



carte des vitesses de propagation en m/ s à partir du film des déplacements

=>carte de l'élasticité kPa (  $E=3 \rho c^2$  )

une modalité d' élastographie en temps réel en UNE SEULE SEQUENCE  
produit une cartographie couleur quantitative de la lésion  
permet de mesurer l' élasticité locale en kPa du tissu mammaire

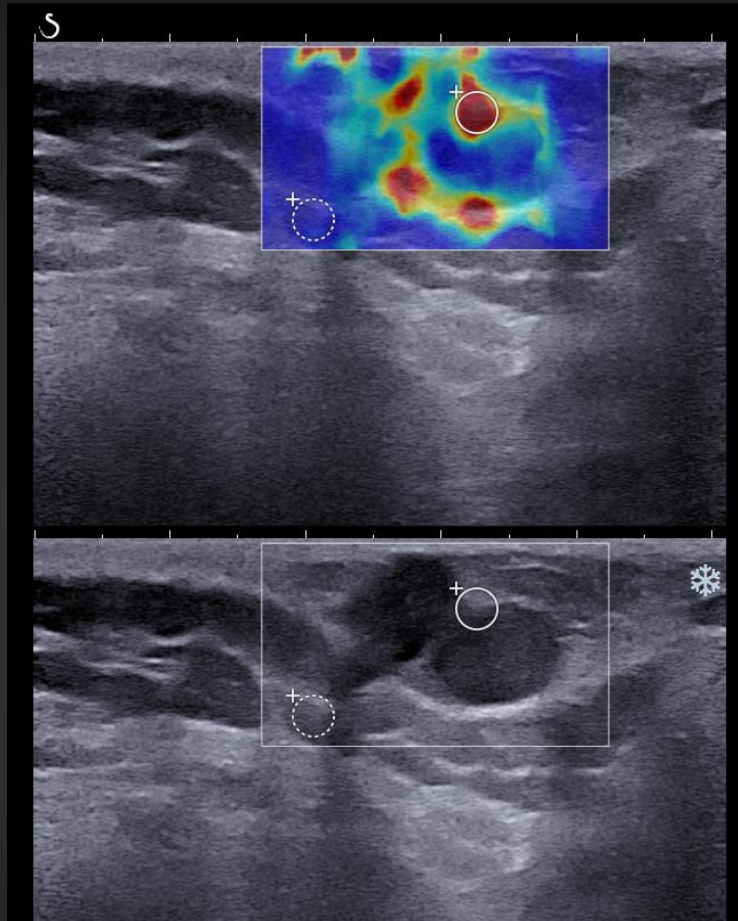
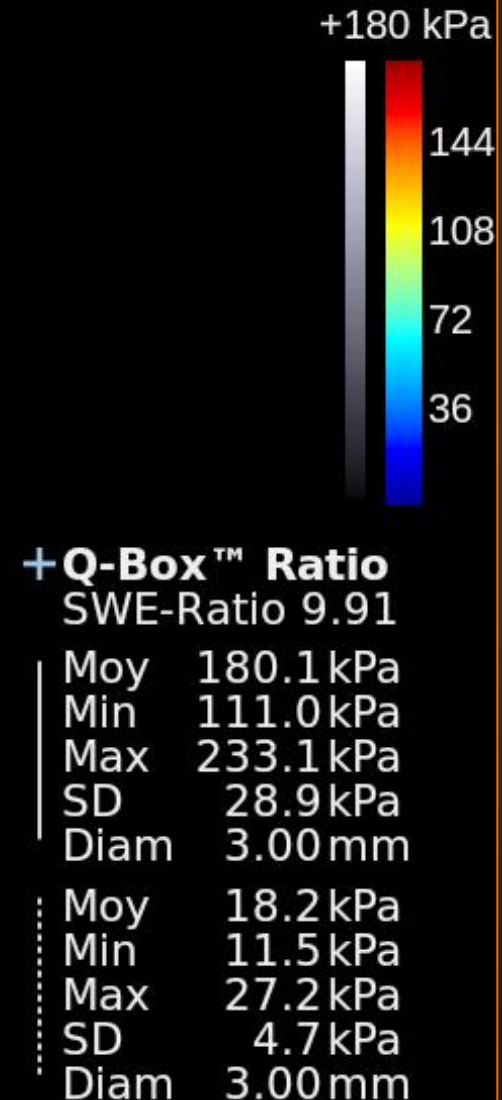


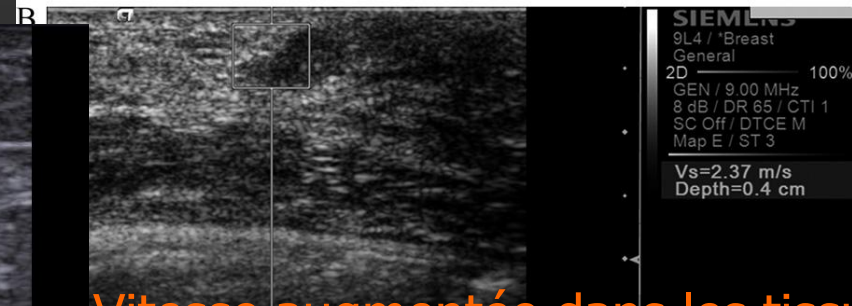
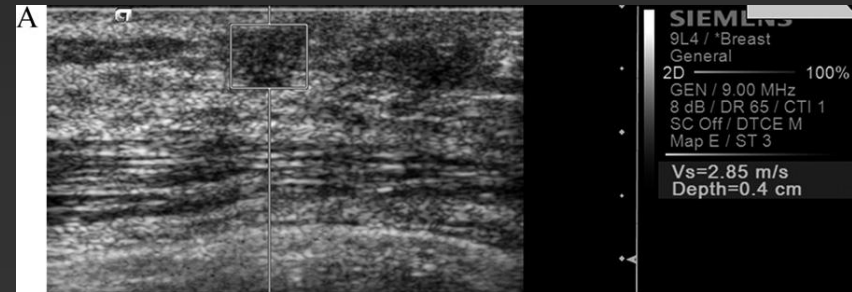
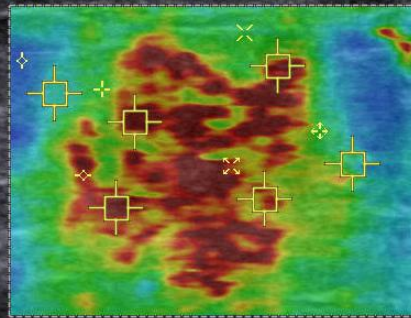
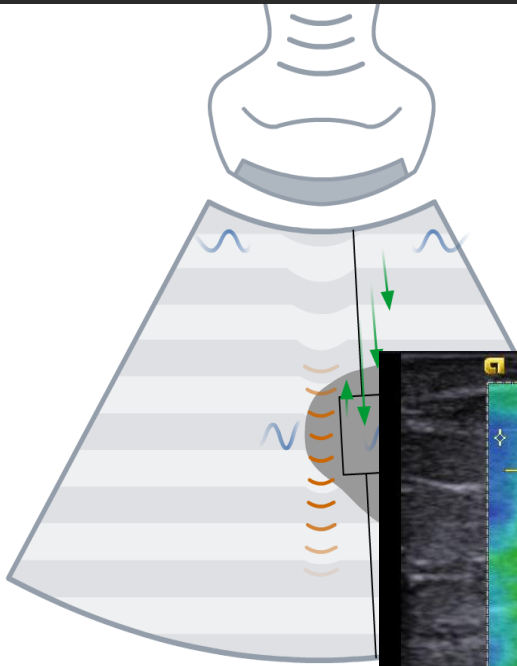
Image d'élasticité en couleur  
en surimpression sur mode B  
Couleur bleue : tissu mou  
rouge : dur



ARFI SIEMENS : acoustic radiation force impulse  
9 MHz tirs SEQUENTIELS sur une ROI taille *fixe*  
*ou variable 0→4cm*

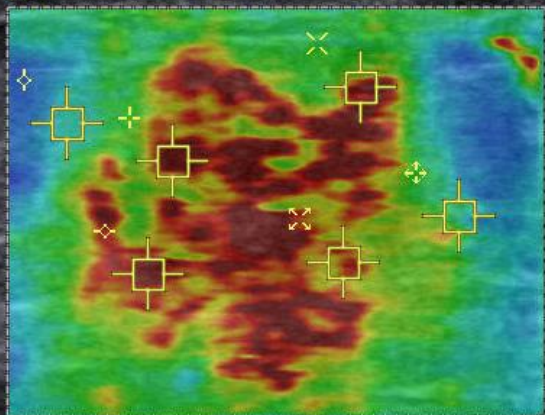
E qualitative : VTI (Virtual touch imaging)

E quantitative : VTq et **VTiq (Virtual touch quantification en m/s)**  
**+ cartographie couleur**

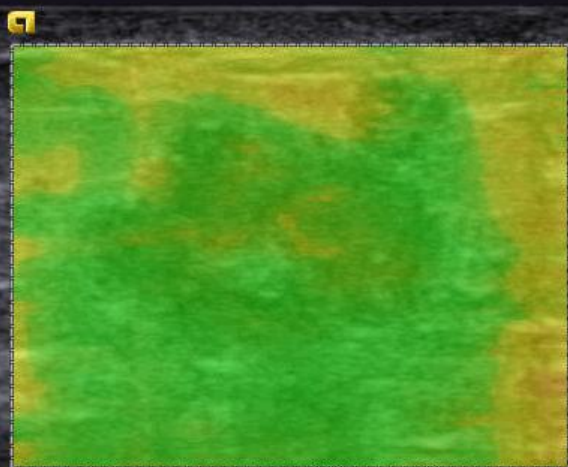
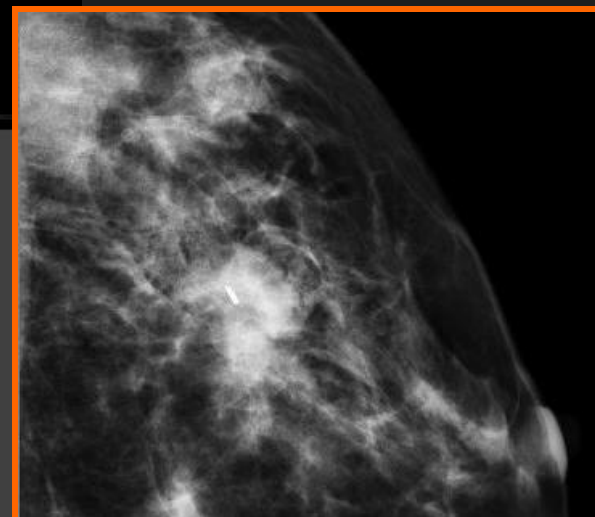
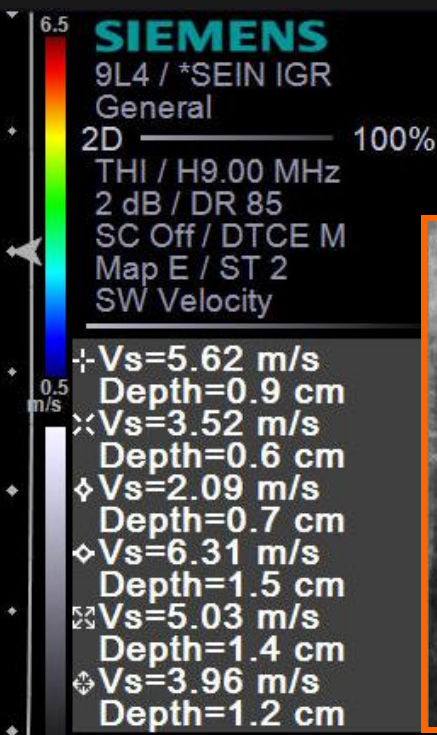


Vitesse augmentée dans les tissus malins/bénins

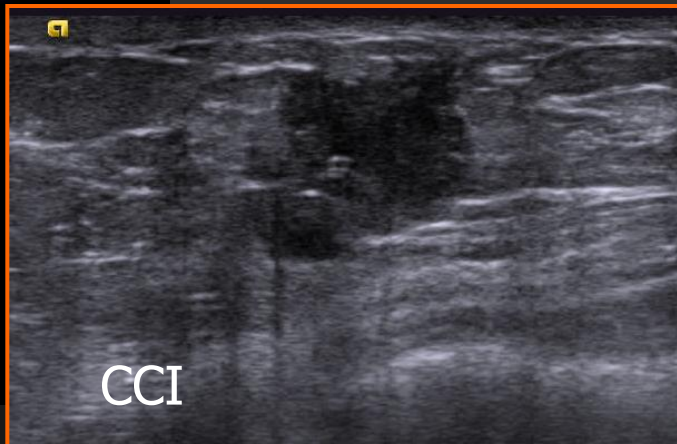
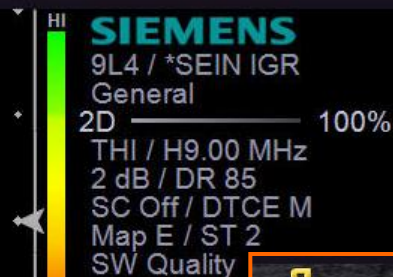
> 2 cm/s dans les tissus malins  
< 2 cm/s dans les tissus bénins /tissus adjacents



carte des vitesses en m/s



cartographie qualitative  
qualité de l'acquisition

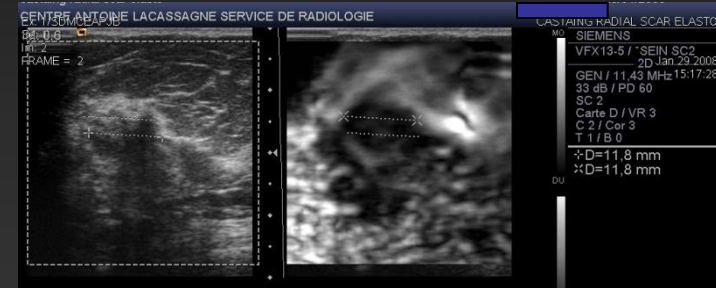
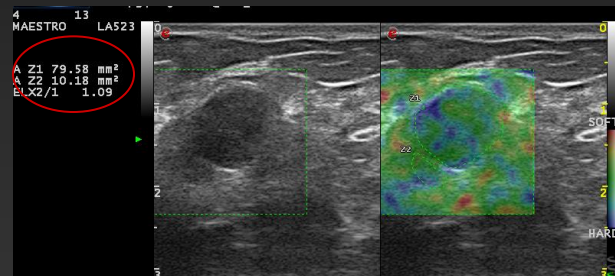


CCI

## IMPACTS : RESULTATS DES ETUDES

# ELASTOGRAPHIE STATIQUE

SADIGH métaanalyse 2012 12 séries 2537 lésions (BCRT 2012)



|                        | Strain ratio (UENO ) | Lengh ratio    |
|------------------------|----------------------|----------------|
| N études               | 9 (667 malins)       | 3 (131 malins) |
| SE                     | <b>88</b>            | <b>98</b>      |
| SP                     | <b>83</b>            | 72 NS          |
| Aire sous la courbeROC | 92                   | 92             |

Intérêt →réduction taux de biopsies pour lésions à faible risque

# ELASTOGRAPHIE STATIQUE

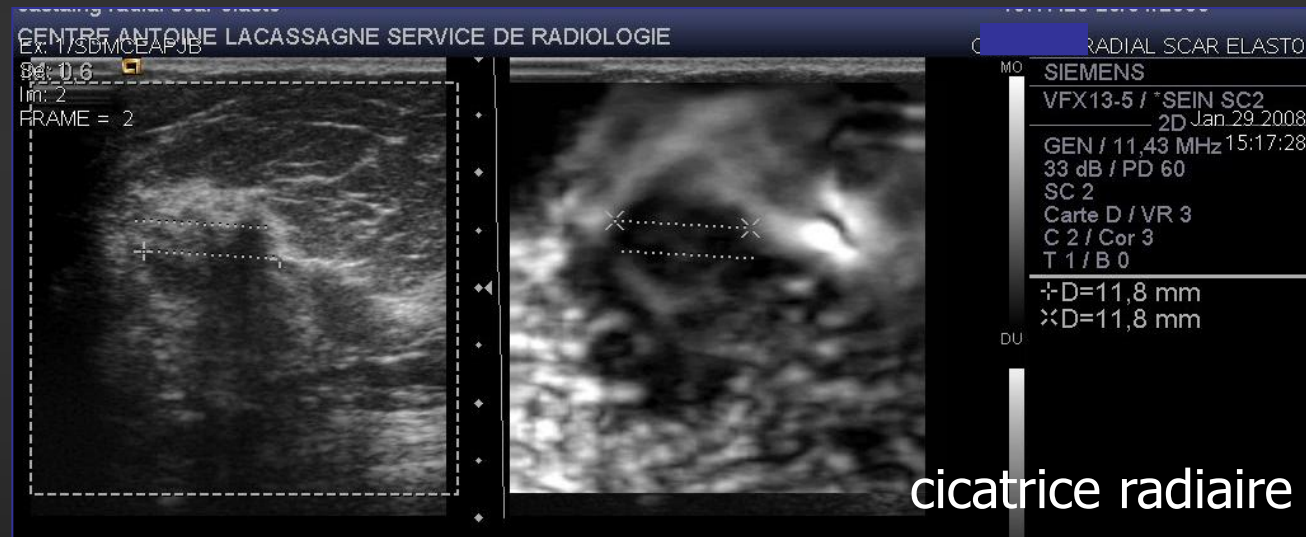
## Association 2 méthodes

-LEONG 110 lésions 26 malins (2010) Siemens

SE mode B =SE Elastographie

*+++ SP Elasto +30% / mode B*

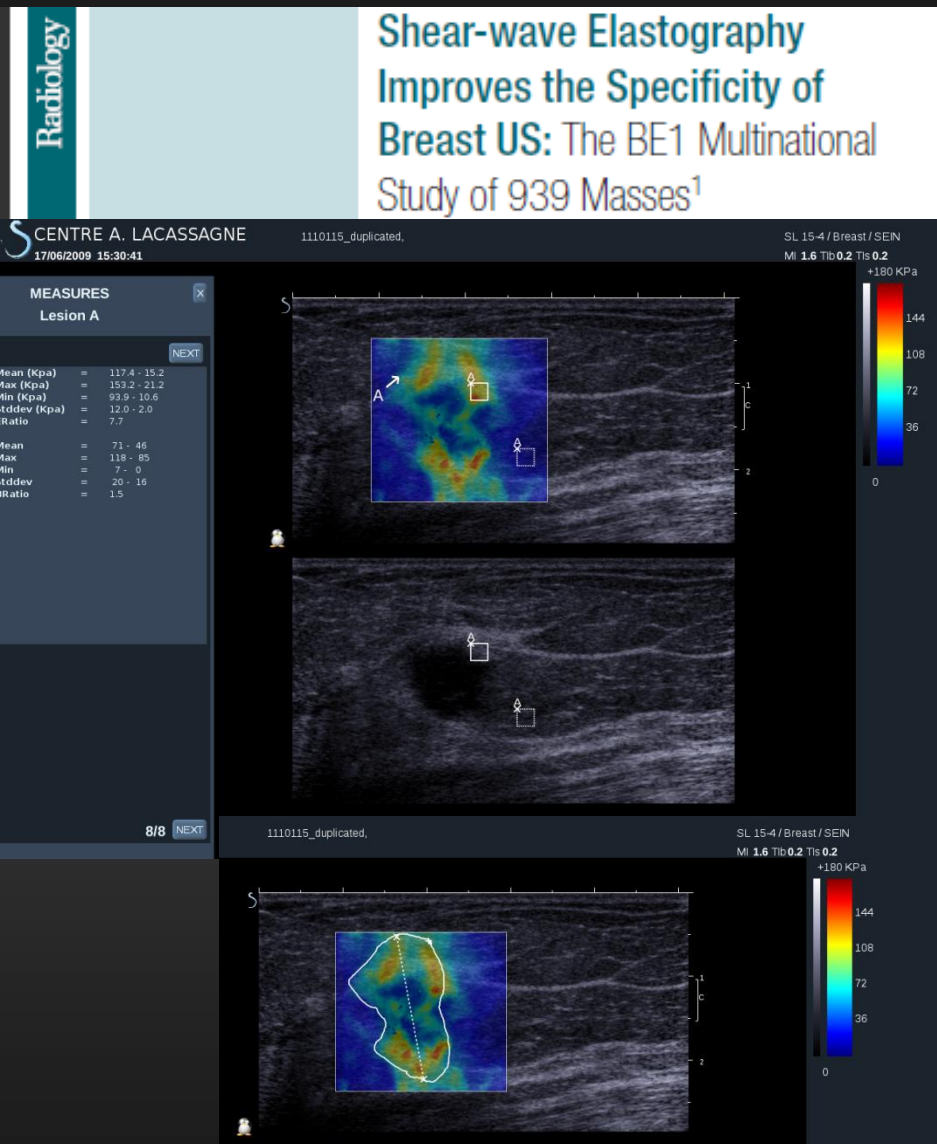
*->2/ 3 des FP reclassés bénins par E*



-LEE 315 **masses < 1cm** ( 2011) Hitachi

Aire sous la courbe ROC 0.61(B mode)→0.73 (B mode +E)

# ELASTOGRAPHIE PAR ONDE DE CISAILLEMENT- ETUDE BE1 SWE



Evaluation du bénéfice clinique de l'Elastographie Shear Wave dans l'examen ultrasonore des lésions mammaires.

## Objectifs

caractérisation : paramètres SWE  
reclassification lésions BI-RADS 3 et 4a

## Prospective

16 sites : 7 USA + 9 EUROPE

2 ans Sept 2008 – Sept 2010

12 prototypes « RUBI »\*

958♀ - 939 lésions

France : 305 lésions

# résultats

- 939 lésions /958 ♀ B-mode US + Elastographie SHEARWAVE\*
- âge moyen 50 ans
- Tm 12mm ( B mode ) 40% palpables ( dont 43% Malignes)
- 818 biopsies (87.1%) dont 215/303 BI-RADS 3 (71%)
- 2ème Lecture indépendante W.A BERG

| <b>BI-RADS®</b>          | <b>2</b>   | <b>3</b>   | <b>4a</b>  | <b>4b</b> | <b>4c</b> | <b>5</b> | <b>Total</b> |
|--------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|----------|--------------|
| <b>Nombre de lésions</b> | <b>102</b> | <b>303</b> | <b>193</b> | <b>97</b> | <b>57</b> | 180      | 939          |
| <b>Nombre de cancers</b> | 0          | 8          | 18         | 41        | 42        | 187      | 289          |
| <b>% malignité</b>       | 0          | <b>2.6</b> | <b>9.3</b> | 42.3      | 73.7      | 96.3     | 43           |

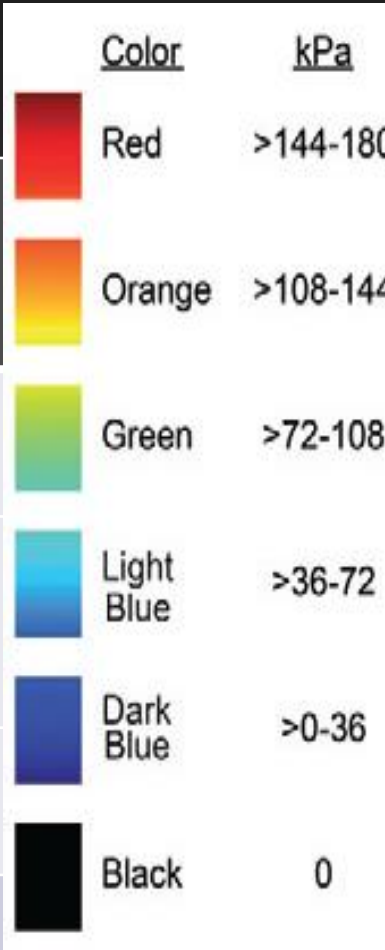
347

# Résultats : Catégories 2 à 5 (939 Lésions)

•Paramètres les plus performants =augmentation aire sous la courbe ROC  
**E<sub>max</sub>** et **E<sub>color</sub>** (  $\rho=0.76$  )

•Ajouter plus d'un paramètre SWE n'améliore pas les performances

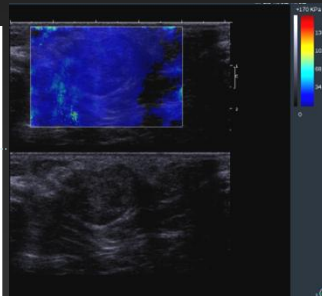
|                                          | Mode B      | Mode B<br>+SWE                  |
|------------------------------------------|-------------|---------------------------------|
| SENSIBILITE BIRADS 2 à 5<br>BIRADS 3 -4a | 97.2        | 99-99.7<br>98.6                 |
| SPECIFICITE BIRADS 2 à 5<br>BIRADS 3-4a  | <b>61.1</b> | <b>65.7-70.3</b><br><b>78.5</b> |
| Aire Courbe ROC                          | 95          | 95.8 - 96.3                     |
| VPP Biopsie pour BI-RADS 4a              | <b>9.3</b>  | <b>26</b>                       |
| Taux de Malignité pour BI-RADS 3         | <b>2.6</b>  | <b>1</b>                        |



# résultats : sous groupe des masses ovales et circonscrites (181)

*4 cancers : taux de malignité 2.2%*

## Reclassification entre BI-RADS® 3 et 4a Ecol associée aux critères BI-RADS® classiques



28 lésions noires ou bleues  
non suspectes  
rétrogradées  
toutes bénignes



|                  | Critères Mode B       | Critères Mode B + E couleur |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|
| <b>BIRADS 4a</b> | dont 0 cancers<br>37  | dont 4 cancers<br>17        |
| <b>BIRADS 3</b>  | 144<br>dont 4 cancers | 164<br>dont 0 cancer        |

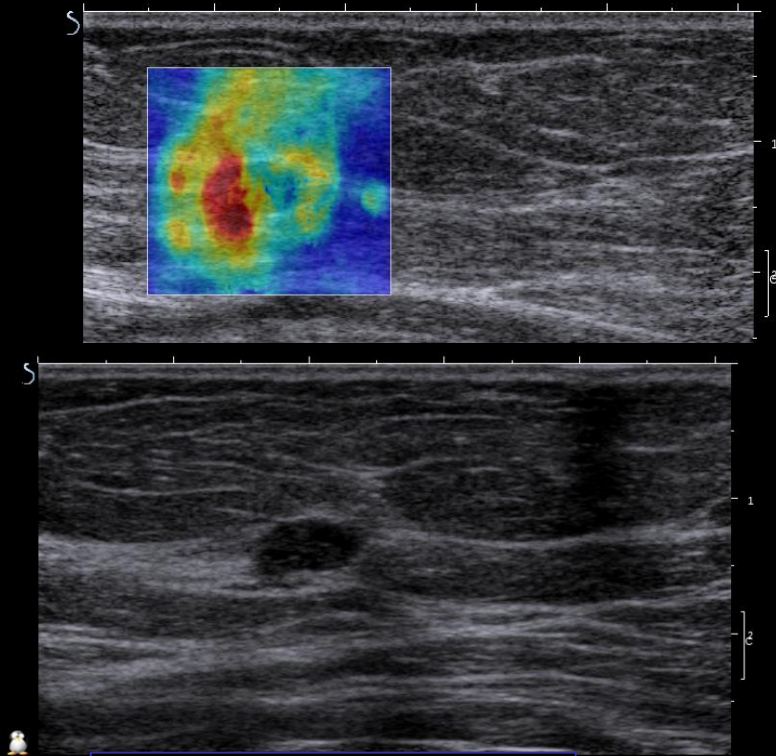


8 lésions rouges  
suspectes  
surgradées  
4 bénignes, 4 malignes

- La sensibilité augmente de 0% à 100% (0/4 à 4/4) ( $p=0,046$ )
- La spécificité augmente de 79,1% à 90,4% (140/177 à 160/177) ( $p<0,001$ ) i.e. + 14%
- La précision augmente de 77,3% à 90,6% (140/181 à 164/181) ( $p<0,001$ ) i.e. + 17%

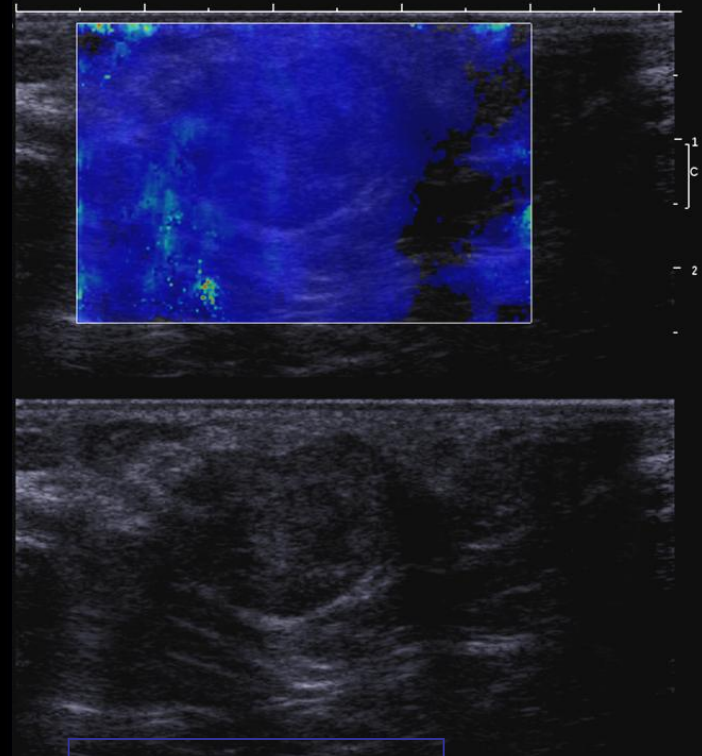
# sous groupe des masses ovales et circonscrites

**BI-RADS 3→4a**



**CCI grade II 1cm**

**BI-RADS 4a→ 3**



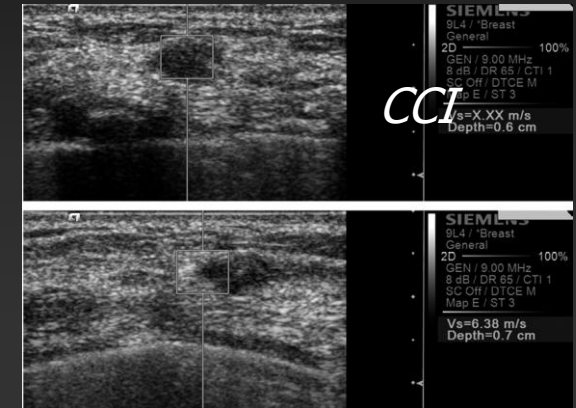
**Fibroadénome**



# ELASTOGRAPHIE PAR ONDE DE CISAILLEMENT- ETUDES ARFI SIEMENS

**TOZAKI ETUDE ARFI SIEMENS (2011)(VTI et VTQ- tirs sur ROI fixe)**  
**50 P valeur vitesses sein normal et 30 lésions solides BI-RADS 4**  
**+/- compression : idem (non opérateur dépendance)**

| Vitesse m/s                  | N  | intra<br>lésionnelle | marginale |
|------------------------------|----|----------------------|-----------|
| Bénins                       | 13 | 2.73                 | 2.68 NS   |
| Malin<br>interne et marginal | 3  | 5.68                 | 4.96      |
| Malins<br>marges uniquement  | 10 |                      | 4.35      |
| Malins<br>non mesurable      | 4  |                      |           |



*Différence significative B/M  
des VITESSES à la  
périphérie des lésions*

**BAI (2012) 143 lésions solides étude quantitative VTQ**

|                           |                     |                     |                    |
|---------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| <b>Vitesse: 3.065 m/s</b> | <b>Se<br/>75.6%</b> | <b>Sp<br/>95.1%</b> | <b>Acc<br/>89%</b> |
|---------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|

## ELASTOGRAPHIE PAR ONDE DE CISAILLEMENT- ETUDES ARFI SIEMENS

IGR 108 P.112 lésions BI-RADS 4 et 5 (50 Bénignes 62 Malignes)  
modes VTi et VTq

|                   |           |           |            |            |            |
|-------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Vitesse: 2.20 m/s | Se<br>94% | Sp<br>84% | VPP<br>88% | VPN<br>91% | Acc<br>89% |
| 2.50m/s           | 69%       | 100%      |            |            |            |

Plus la vitesse augmente, plus la spécificité est élevée

En combinant les paramètres échographiques et ARFI avec un seuil de 2.20 m/s  
une biopsie inutile de lésions bénignes aurait été évitée pour:

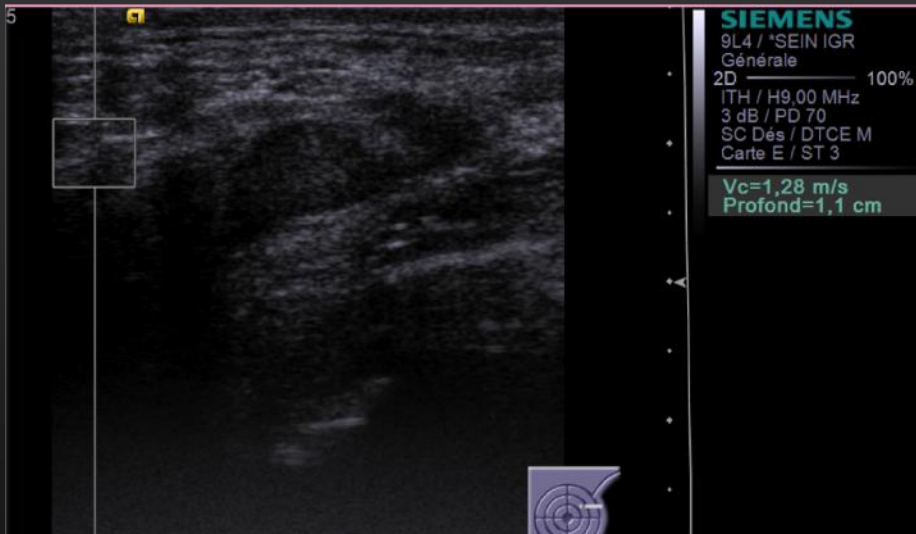
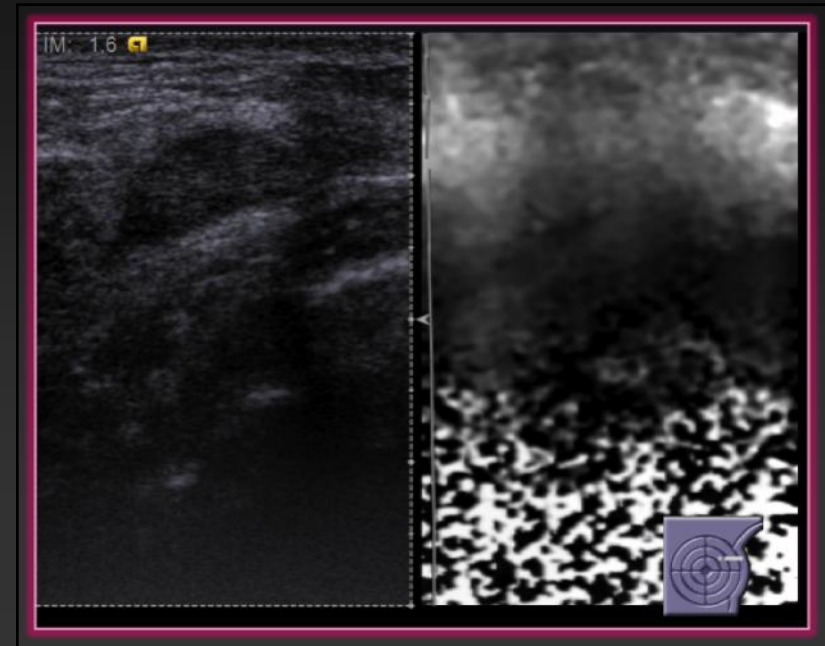
- **24 (83%) lésions BIRADS 4a**
- **14 (50%) lésions BIRADS 4b**
- 3 (13%) lésions BIRADS 4c

# Fibroadénome

VTi négatif (hyperéchogène)

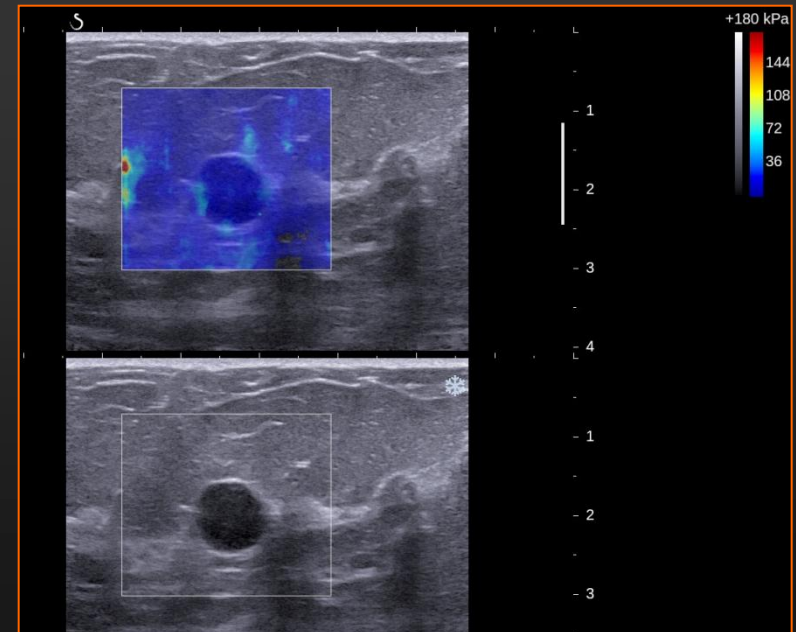
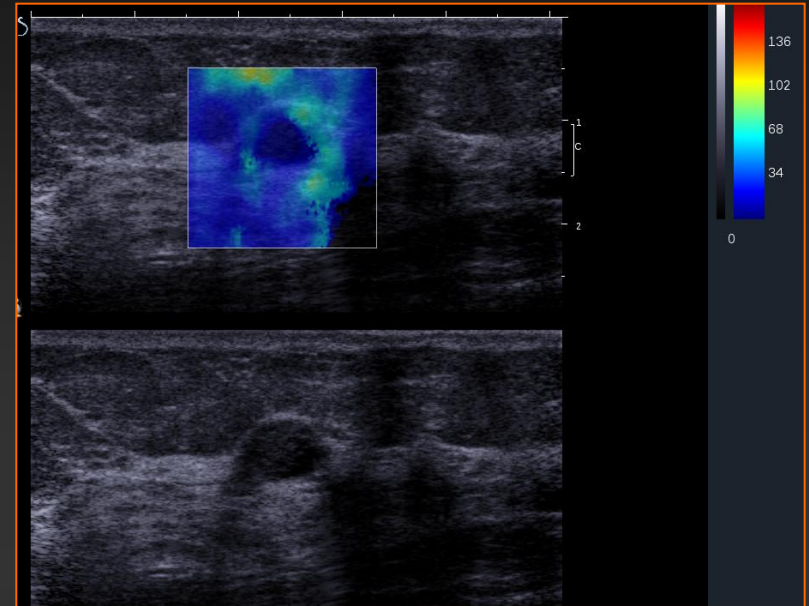
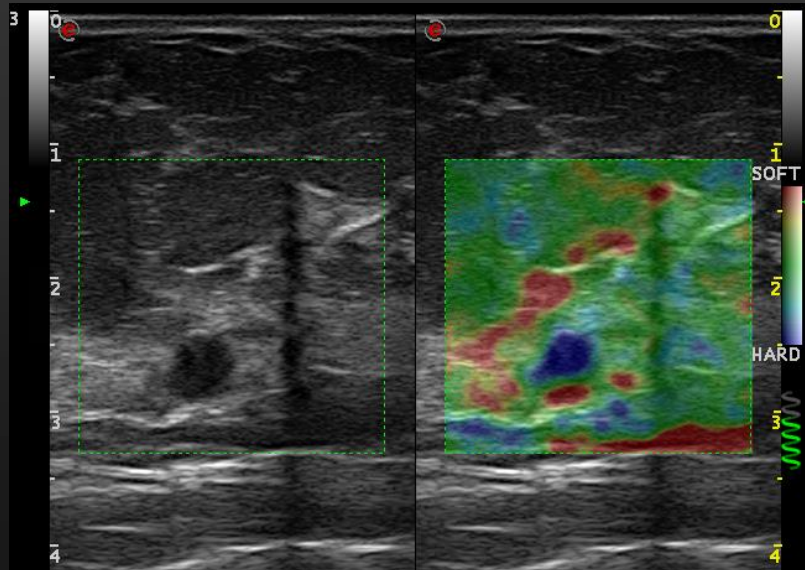
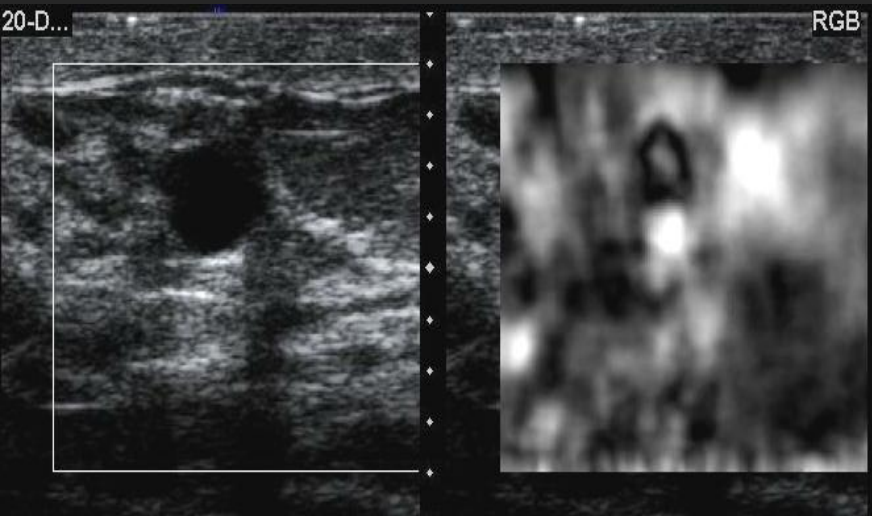
vitesse lésion : 1.37 m/s

vitesse tissu : 1.28 m/s



# POUR QUELLES LESIONS

KYSTES amélioration spécificité de l'US  
codage particulier



# POUR QUELLES LÉSIONS

**1. Ne pas prendre en compte E pour les lésions BI-RADS® 2  
et très suspectes BI-RADS 4c et 5**

**2. BI-RADS 3 et 4** ajouté aux critères BI-RADS® classiques

**→ *système AIXPLORER® BI-RADS 3 et 4a*** seuil 30kPa E max

**→ *ARFI BIRADS 3 ET 4a et 4b*** avec seuil 2m/s

**3. Masses ovales et circonscrites + Emax < 30 kPa**

**Sensibilité 0 → 100% → ACR2???**

## AVANTAGES

Apprentissage rapide

Augmente peu le temps d'examen US

Utile pour kystes compliqués et lésions VPP<10% en diminuant taux biopsie BI-RADS 4

## LIMITES

Opérateur dépendance moindre pour système SWE

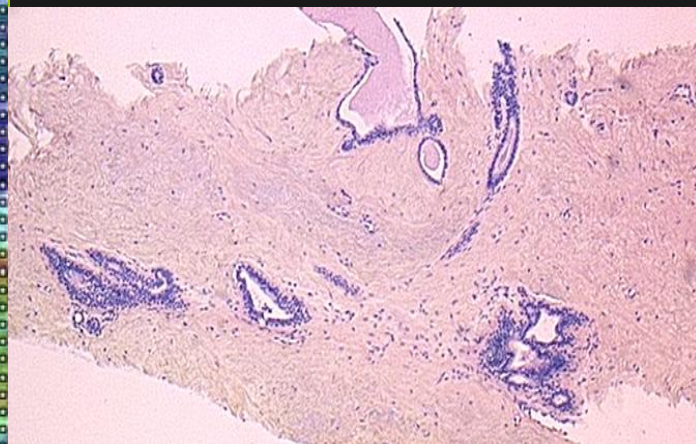
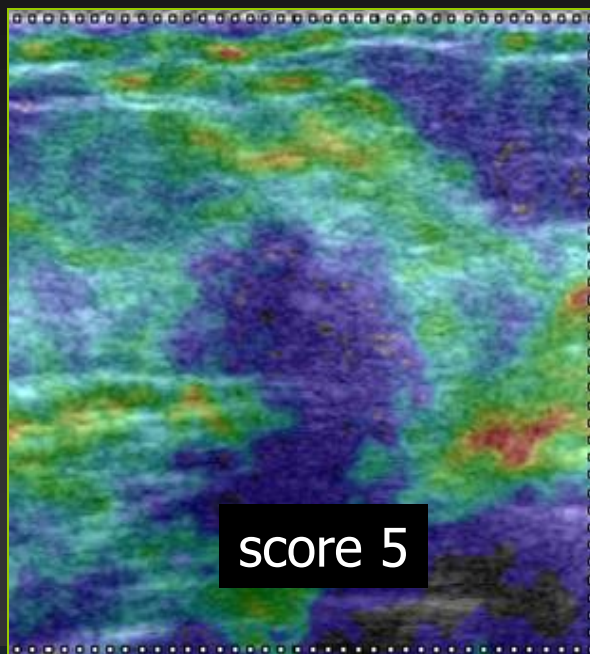
Résultats à évaluer selon taille et profondeur des lésions

Hétérogénéité des lésions

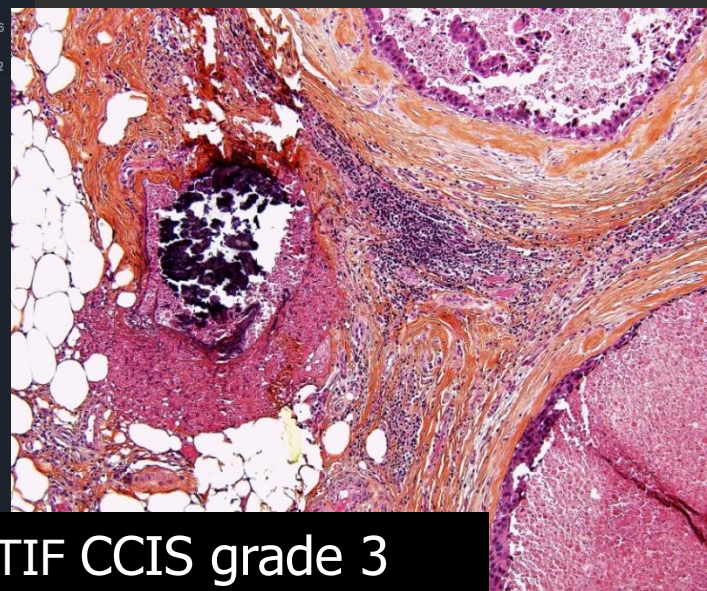
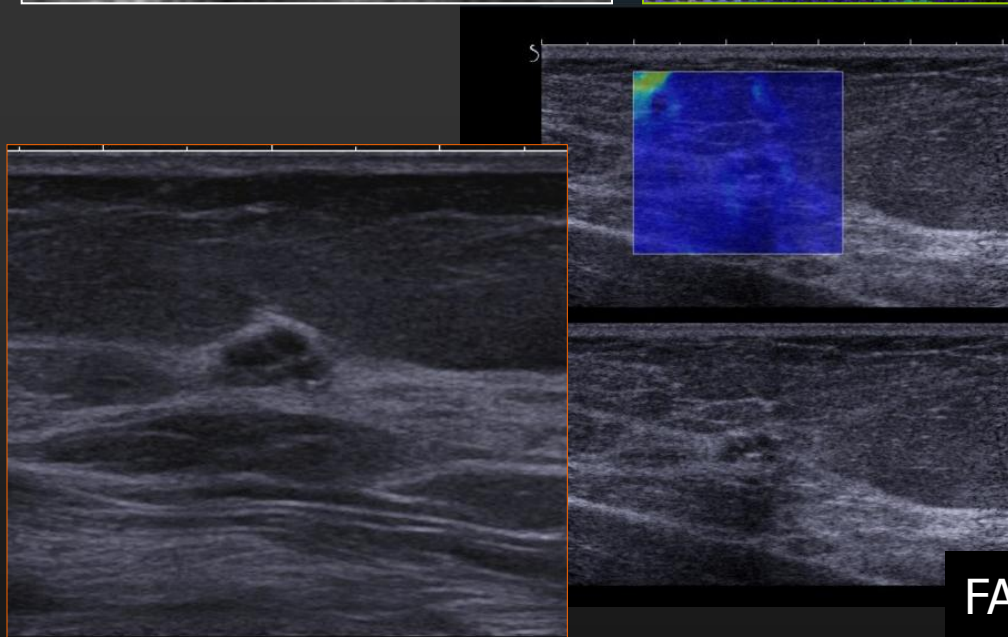
FN « cancers mous » colloïde, tubuleux, CCIS

FP lésions fibreuses

# FAUX POSITIF mastopathie fibreuse



*Institut Curie*



FAUX NEGATIF CCIS grade 3  
Nécrose calcifiée

# CONCLUSION

- ELASTOGRAPHIE intégrée au **BI-RADS édition 2013?**
- 3D: contours forme environnement tumoral volume
- Post CT néoadjuvante
- ADP (TOURASSE ,Eur Journal of Radiol 2012)

