وزارة التعليم العالي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

الجمهورية العربية السورية

# الفصل السابع عشر
# التصوير بالصدى (الإيكوغرافي)

Echography

جامعة الشام الخاصة
Al-Sham Private University

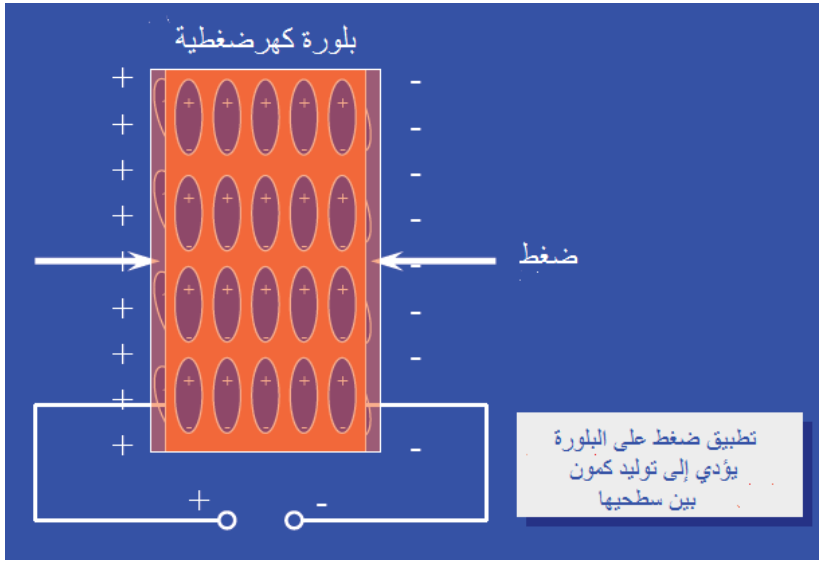
# أهداف الفصل

- التعرف على آلية توليد الأمواج فوق الصوتية
- التعرف على المجس والحزمة الصوتية
- التعرف على أنواع المجسات
- التعرف على العدسة الإلكترونية وآلية عملها
- التعرف على مبدأ تصوير الصدى وأنماطه
- الأمواج فوق الصوتية العالية الشدة المبأرة وتطبيقاتها الطبية

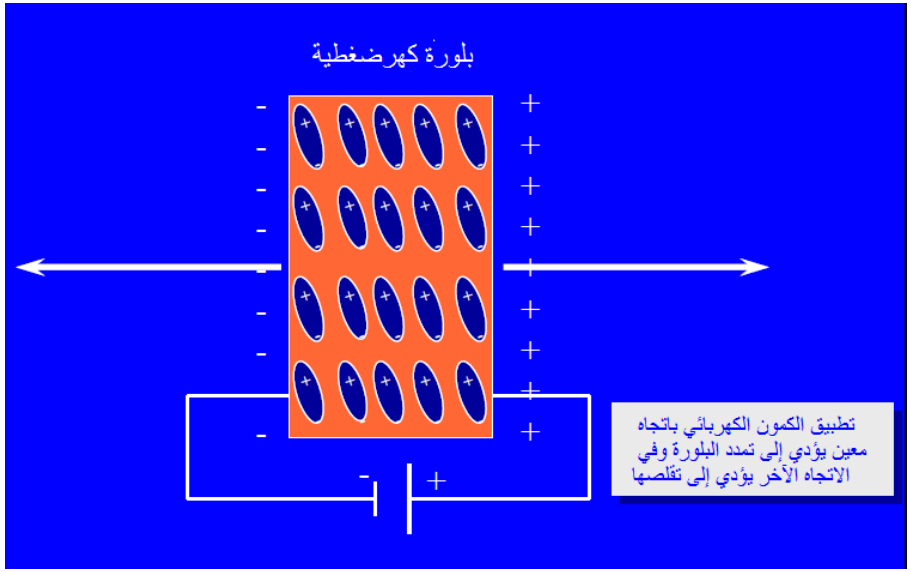
# أهمية الأمواج وق الصوتية

- يمكن "بإنارة" الجسم بالأمواج فوق الصوتية، الحصول على صور لبنيته الداخلية، إما عن طريق الموجة التي تنفذ منه، وإمَّا عن طريق الأصداء التي ترتد عنه echography.
- تشكل هذه الصور نصراً طبياً عظيماً، ذلك أن الأمواج فوق الصوتية تخترق النسج الحيوية، وتسمح باستكشاف الجسم البشري من دون إلحاق أي ضرر به.
- وأصبح بإمكان الطبيب حالياً تحديد موقع ورم معين في الجسم، وأن يكشف النقاب عن وجود الأجربة، وأن يراقب الحمل من دون خطر على العضوية.

# توليد الأمواج فوق الصوتية ببلورة كهرضغطية



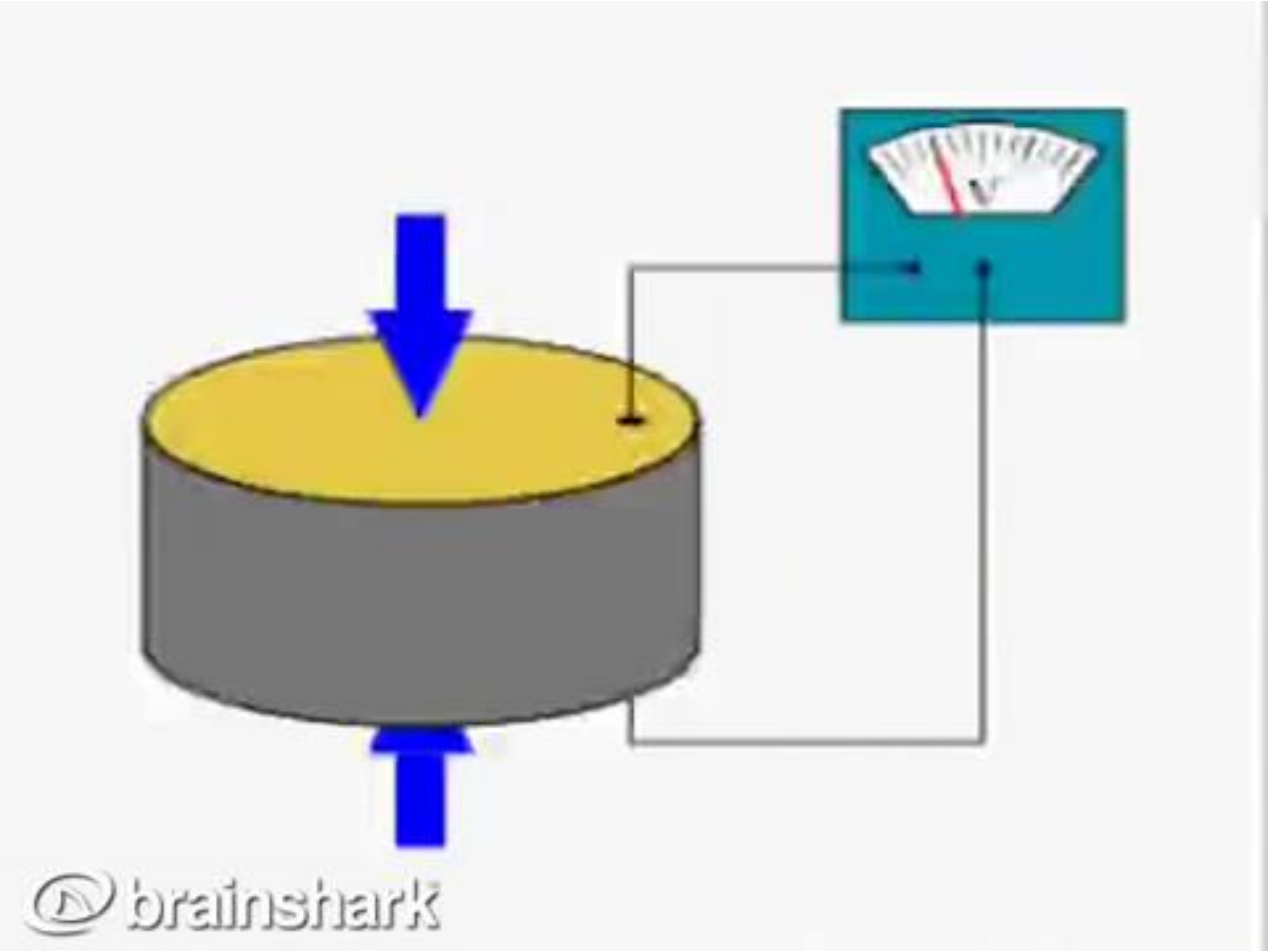

البلورة الكهرضغطية وتولد كمون بين سطحيها بتطبيق ضغط



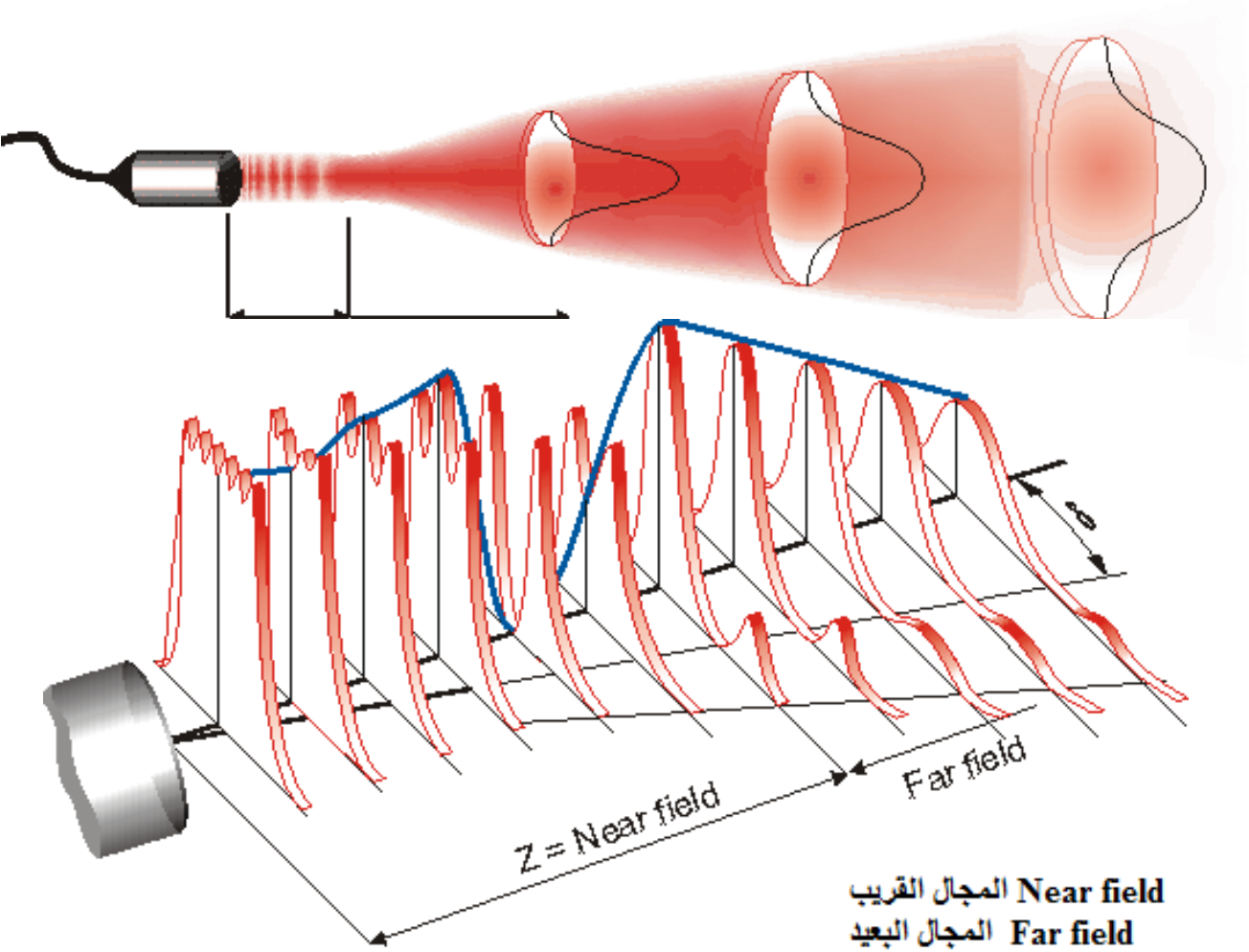

البلورة الكهرضغطية وتغير ثخانتها بالكمون الكهربائي

عندما يكون الكمون الكهربائي المطبق بين سطحي البلورة متناوباً، تتغير ثخانتها زيادة ونقصاناً، فتترافق بتوليد موجة صوتية، الأمر الذي يجعل الاهتزازات الكهربائية تتحول إلى اهتزازات ميكانيكية. يمكن التحكم بتواتر هذه الاهتزازات بجعل ثخانة البلورة الكهرضغطية تساوي نصف أو ربع الطول الموجي الموافق

# المفعول الكهرضغطي



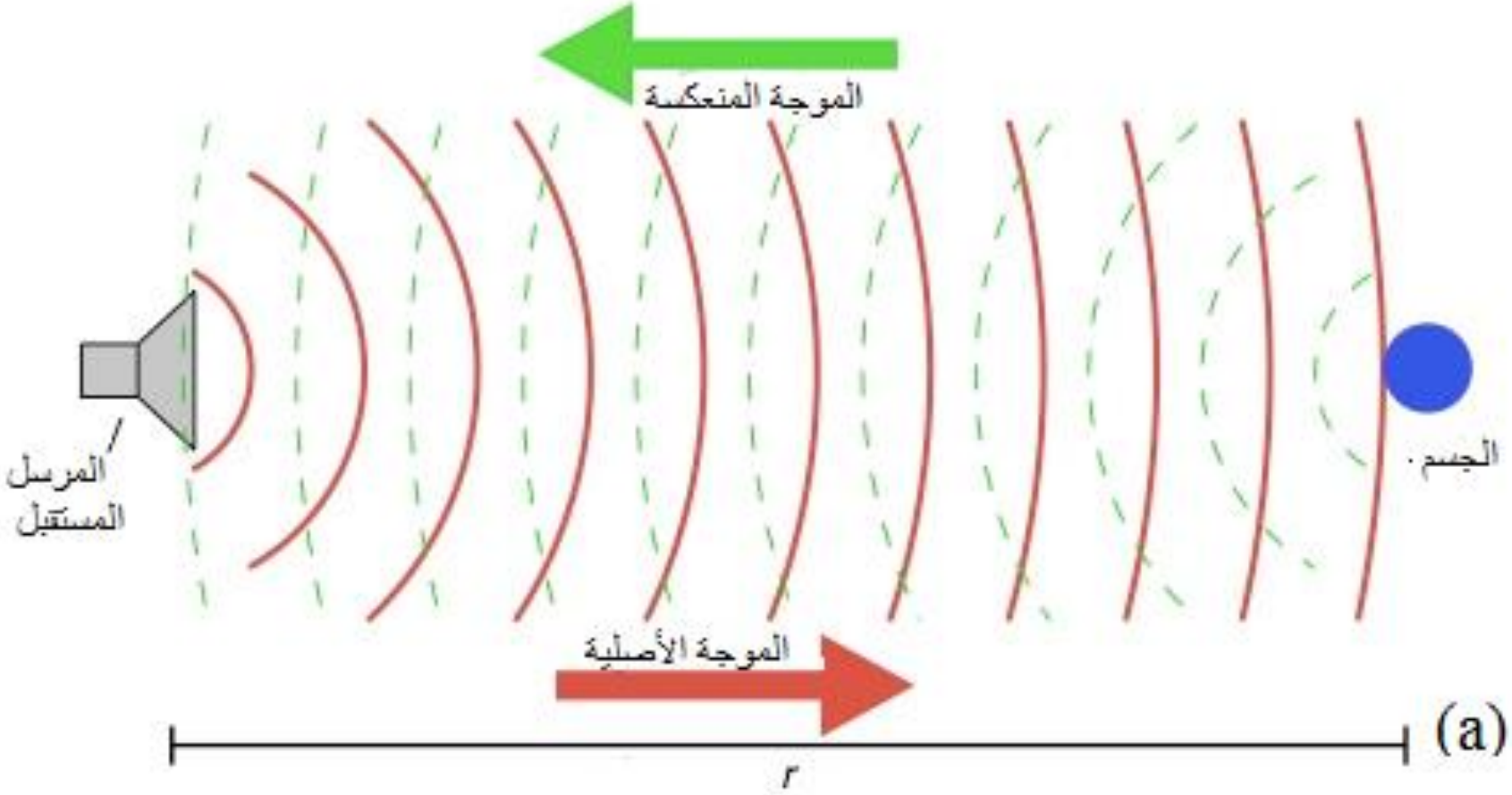
# المجس الباعث _ المستقبل




تقريب دراسة انتشار الأمواج الصادرة: منطقة فرينل (منطقة المجال القريب) ومنطقة فراونهوفر (المجال البعيد).

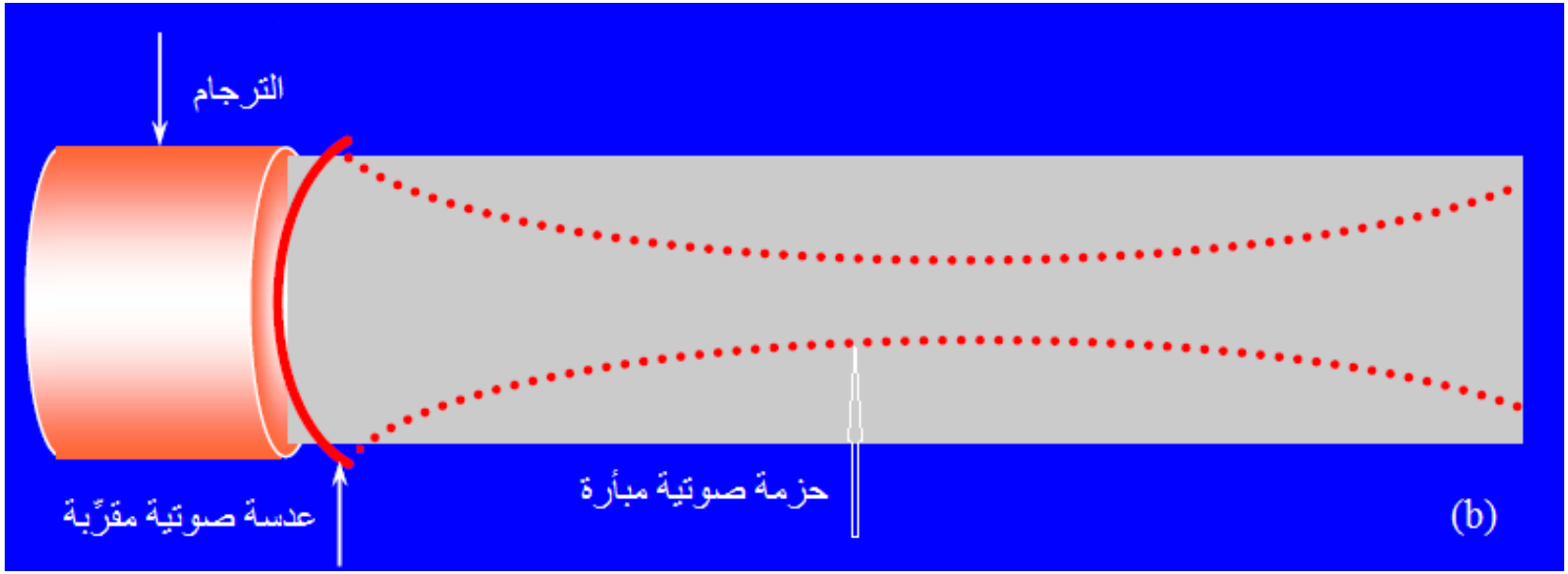
تخامد الموجة الصادرة من المجس بدلالة البعد

# المجس الباعث_المستقبل




مجس مرسل مستقبل: يظهر في الشكل تمثيل لموجة واردة (الأحمر) على جسم معين (الأزرق) وتمثيل للموجة المنعكسة (الأخضر) عن الجسم

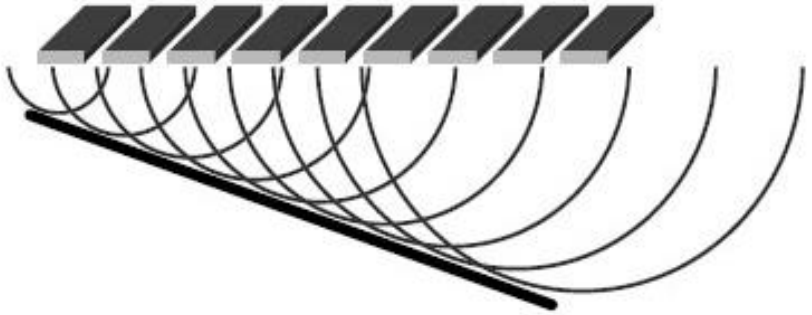
# المجس الباعث _المستقبل




مجس مرسل مستقبل يظهر فيه الترجام وهو البلورة الكهرضغطية التي تحول الإشارة الكهربائية إلى إشارة ضغطية (صوتية) وتحول الإشارة الضغطية إلى إشارة كهربائية . يضم المجس أيضاً عدسة صوتية لتقريب الحزمة وتتكون العدسة من مادة البليكسيغلاس التي تتميز بالسرعة الكبيرة لانتشار الأمواج الصوتية فيها

# أشكال المجسات وصدور الموجة

مجسات مختلفة مركبة من بلورات كهرضغطية مصطفة بهندسات مختلفة.



التوجيه بالتحكم بالطور

التبئير بالتحكم بالطور

توجيه الحزمة إلكترونياً بالتحكم بأطوار إصدار الموجة من كل عنصر من عناصر المجس ما يمكن من توجيه الحزمة باتجاه معين (b) أوتبئير الحزمة (c).

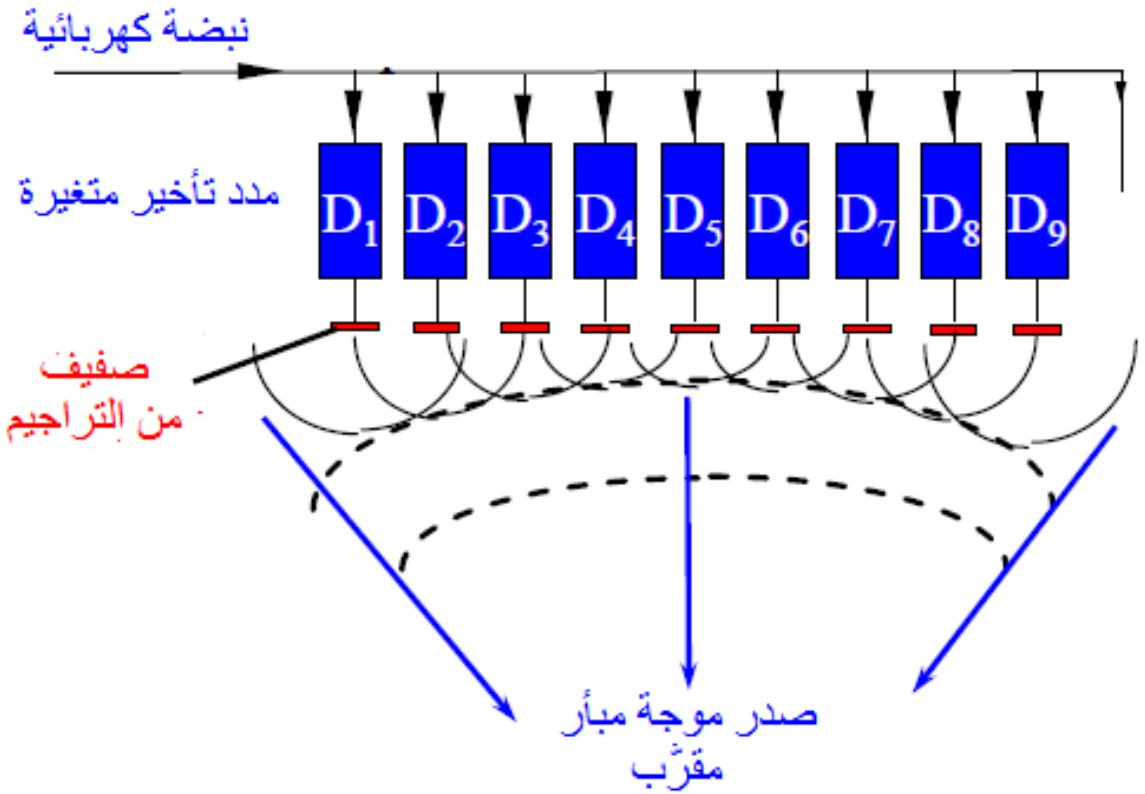
# المقدرة الفاصلة للمجس

- يتميز المجس بمقدرتين فاصلتين هما:
- **المقدرة الفاصلة المحورية (وفق محور الحزمة):** وتتعين بإمكان التمييز بين جسمين قريبين أحدهما من الآخر مسافة تقدّر ببضعة أضعاف الطول الموجي، وهي بذلك في حالة التواترات العالية أفضل منها في حالة التواترات المنخفضة.
- **المقدرة الفاصلة العرضانية (وفق محور يتعامد مع الحزمة):** فيؤدي قطر الحزمة الدور الأساسي في تحديد دقة معلومات صورة الصدى؛ إذ يؤدي اتساع فتحة الحزمة مع العمق إلى إضعاف المقدرة الفاصلة تدريجياً، لذلك تستعمل بعض العدسات الصوتية لتبئير الحزمة.

# تبئير (أو تقريب) الحزمة

- يمكن تصحيح تباعد الحزمة، في حالة ترجام وحيد، بإلصاق عدسة صوتية بالبلورة الكهرضغطية.
- يمكن الحصول على عدسات فوق صوتية من مواد ينتشر فيها الصوت على الأغلب بسرعة تزيد على سرعته في الماء كالبليكسيغلاس plexiglass مثلاً، وبناءً على ما تقدم تكون عدسة البليكسيغلاس السميكة الحواف والرقيقة في مركزها، مقربة، فيوافق شكلها بذلك العدسة الضوئية المبعِّدة.
- تتعلق خصائص المنطقة التي تتجمع فيها الطاقة الصوتية بعدة وسطاء: كنصف قطر انحناء العدسة وأبعاد البلورة الكهرضغطية وتواترها الصادر.
- هذا وإن تحقيق أفضل مقدرة فاصلة عند عمق معين مرهون باختيار المجس ذي البعد المحرقي الموافق.

# العدسة الإلكترونية

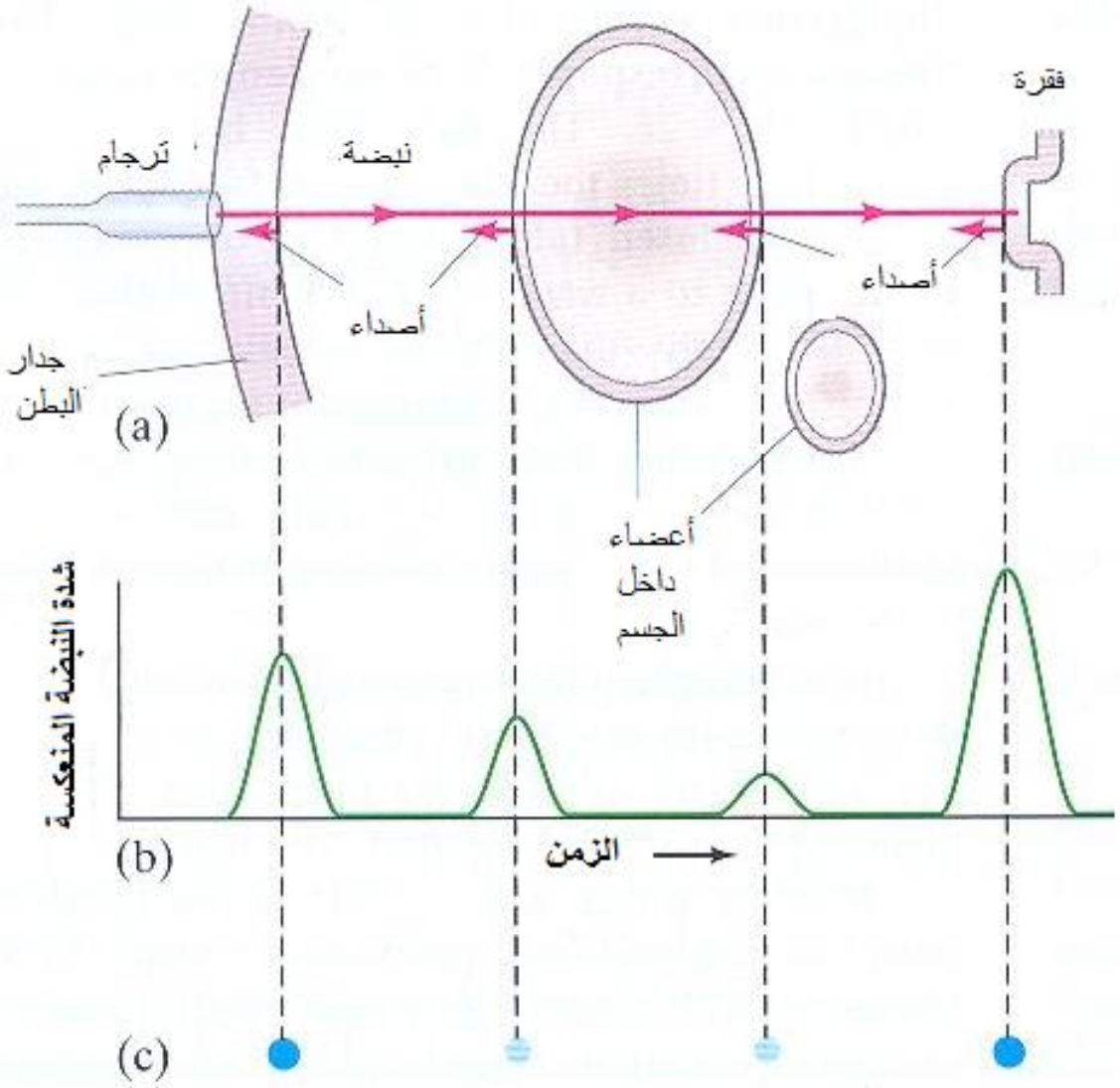



**تبئير الحزمة بإضافة عناصر تأخير كهربائية.**

يمكن تقريب الموجة فوق الصوتية لدى إصدارها أو استقبالها بشبكة التراجيم الكهرضغطية بالاعتماد على خطوط تأخير إلكترونية.

حيث تبلغ الموجة الواردة إلى شبكة التراجيم من البؤرة focus الترجام المركزي أولاً ثم التراجيم المجاورة بتأخير قصير.

# مبدأ تصوير الصدى بمجس أحادي البلورة

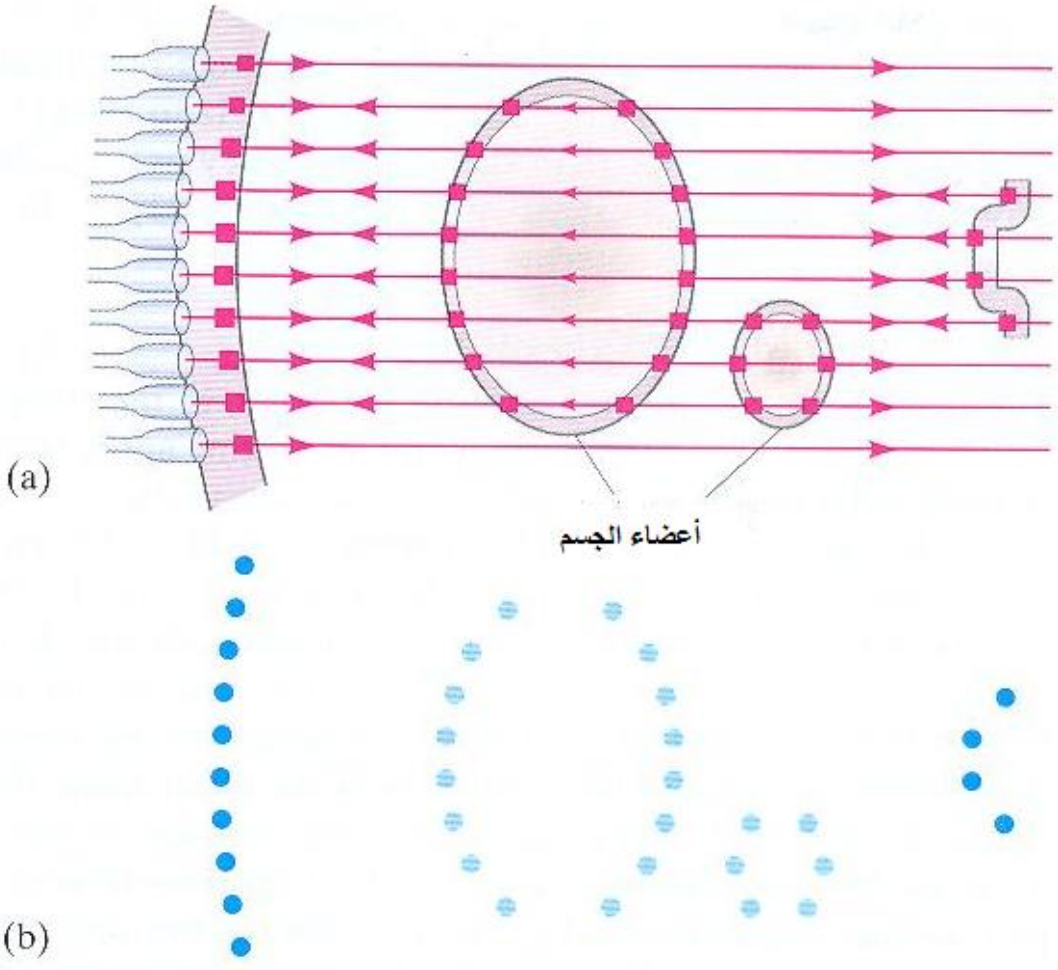



ترجام يولد نبضة فوق صوتية والانعكاس والنفوذ عند السطوح الفاصلة بين النسج المختلفة بالممانعة الصوتية

شدة الأصداء الناجمة عن السطوح الفاصلة بين النسج المختلفة بالممانعة الصوتية

عرض نقطي للأصداء، ترتبط إضاءة نقاطه بشدة الصدى

# مسح مستو في البطن بتصوير الصدى




يتم إما بتحريك ترجام في المستوي أو باستخدام عدة تراجيم في المجس

# التواتر الذي يقع عليه الخيار

- يجب أن يؤخذ في الحسبان عاملان لدى اختيار تواتر الموجة فوق الصوتية:
- - أصغر تفصيل يرغب بتمييزه، تبعاً لقوانين الانعراج، أي إن المقدرة الفاصلة لنظام ما (ضوئي أو صوتي) هي من مرتبة الطول الموجي، ولهذا يستخدم طول موجي قصير للحصول على صورة أكثر تفصيلاً أي يستخدم تواتر مرتفع.
- تزايد امتصاص وسط ما للطاقة فوق الصوتية من جهة أخرى، تزايداً سريعاً مع ارتفاع تواتر الموجة الصوتية.
- في التطبيقات الطبية، تستخدم عملياً تواترات من مرتبة بضعة ميغا هرتز كتسوية بين العاملين المتناقضين

# تصوير الصدى

SAMPLE USE ONLY
© 2011 Nucleus Medical Media. All Rights Reserved.
nucleus
MEDICAL MEDIA

# تصوير الصدى

# الهيكل العظمي لجنين عمره 19 أسبوعاً

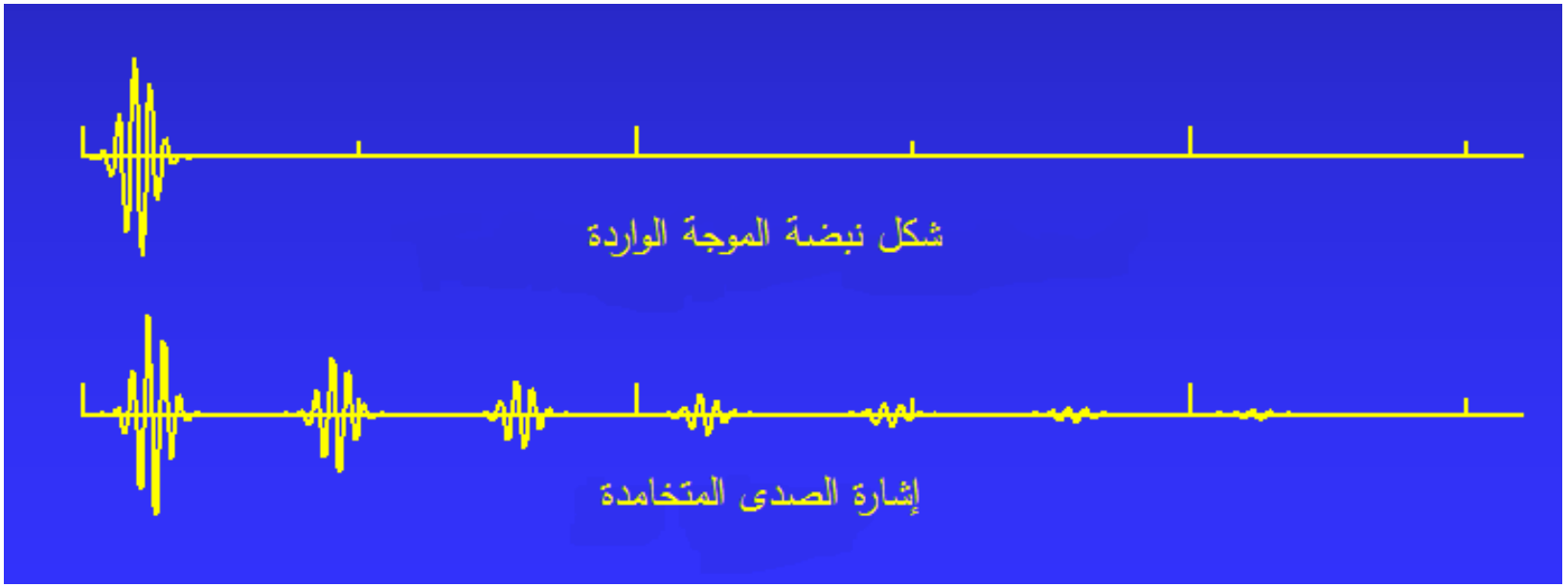
# تصوير الصدى (العضلة القلبية)

# السرعة الطبيعية لقلب جنين عمره 8 أسابيع

# تخامد الحزم الصوتية

- تتخامد الطاقة المحمولة بالحزمة الصوتية مع الابتعاد التدريجي عن المجس الباعث وفق تابع أسي. وتتعلق قيمة معامل التخامد بكل من وسط الانتشار وبالتواتر.
- 1. تؤدي مضاعفة التواتر، لدى دراسة الوسط نفسه، إلى مضاعفة معامل التخامد، الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض مدى الحزمة إلى النصف.
- 2. إن الماء ناقل جيد للصوت معامل تخامده صغير، ولكن ارتفاع معامل تخامد النسج يجعلها أقل جودة في النقل ويسوّغ إدخال نظام تضخيم مناسب لكشف الأصداء البعيدة وتصحيحها.

# تصحيح تخامد الموجة الصوتية




## صورة تلقائية للصدى

# تصحيح تخامد الموجة الصوتية

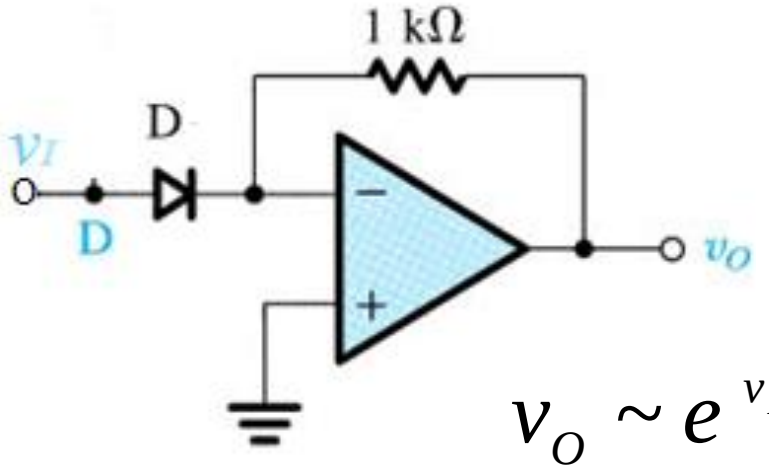
**التضخيم الكلي** وهو يتناول الأصداء كلها، فيزيد من شدة الأصداء السطحية، ويجعلها تتجاوز عتبة الإشباع من جهة، ويصبح إدراك الأصداء الأكثر بعداً ممكناً من جهة أخرى.

**التضخيم التفاضلي** ويهدف إلى المساواة بين مطالات الأصداء على أعماق المنطقة المدروسة كلّها.

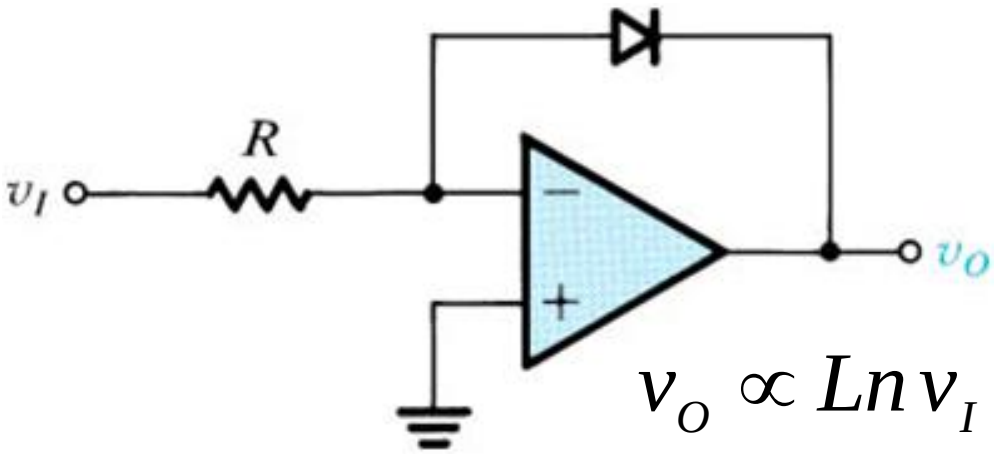
تقتضي هذه الطريقة تخفيض اتساع الأصداء الأكثر قرباً من المجس، وتعويضاً متزايداً لتخامد الأصداء الأكثر بعداً تبعاً لعمقها، وذلك وفق نمط لغارتمي.

# تصحيح تخامد الموجة الصوتية

## المضخمات اللغارتمية وتطبيقاتها:




مضخم لغارتمي عكسي




مضخم لغارتمي بتغذية راجعة لاخطية

# تصوير الصدى المقطعي

- كانت أجهزة التصوير الأولى تعمل بالمسح اليدوي، اقتناء المعطيات بمثل هذه الجملة بطيء،
- أعقبها أجهزة المسح الآلي والسريع، فظهرت تقانات المسح الميكانيكي أو الإلكتروني أو كليهما القادرة إلى إعطاء مقاطع بمعدل عشرة إلى خمسين مقطعاً في الثانية (بحسب كثافة الخطوط وعمق الاستكشاف).

# تصوير الصدى المقطعي

- رواسم الصدى الحديثة، التي تعتمد على سلم الرماديات في إظهار الصور في الزمن الحقيقي التي فتحت نافذة على تنظير الجسم بشكل مأمون بالصدى echoscopy كانت **نقطة تحوّل في طب التوليد** وفي طب القلب وفي جزء كبير من أمراض البطن والحوض.
- لكن تعذر استخدام هذه الطريقة في إظهار الدماغ (عدا دماغ الأطفال دون السنتين) والرئة، بالإضافة إلى الصعوبة المعهودة في تفهم الصور القطاعية غير المثالية التي لم يطرأ عليها أي تحسن، يحدّ من استخدامها

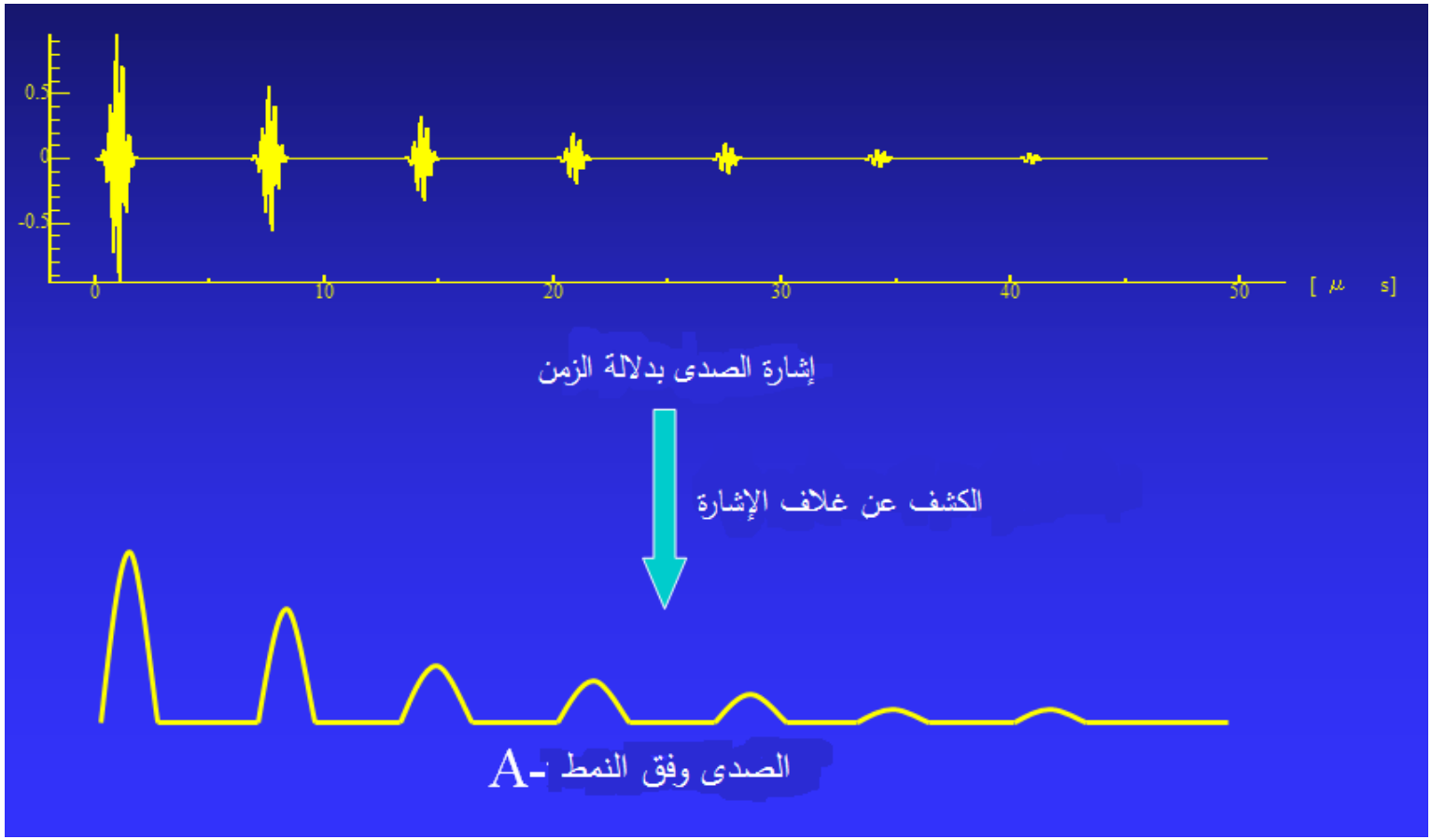
# الأنماط المختلفة لدراسة صورة الصدى

- لصورة الصدى عدة أنماط ولكل منها أهميته وذلك بحسب الفحص الذي يجري على الفرد:
  - النمط المطالي **Amplitude A**
  - نمط السطوع **Brilliance B**
  - نمط الحركة بدلالة الزمن **Time Movement T-M**.

**تمثل في هذا الشكل مختلف أشكال الصدى في بنية متجانسة كالكبد**

# الأنماط المختلفة لدراسة صورة الصدى

- تصوير الصدى A أو تمثيل الاتساع بدلالة الزمن




تمثل في هذا الشكل مختلف أشكال الصدى في بنية متجانسة كالكبد

# الأنماط المختلفة لدراسة صورة الصدى

- **تمثيل الصدى وفق النمط B**

- يمكن باستعمال مضخمات مناسبة تحويل سعة النبضة المنعكسة إلى شدة نبضة،
- ومِنْ ثَمَّ تسهل رؤية التباين بين الأجزاء المختلفة في الصورة والتحكم في هذا التباين.

# الأنماط المختلفة لدراسة صورة الصدى

- **تصوير صدى الحركة بدلالة الزمن T-M**

يستعمل هذا التصوير عند الحركة وإدخال معامل الزمن في معالجة الصورة، إذ تمثل مختلف الأصداء، في هذا النمط من الاستكشاف، بدلالة العمق على شكل نقاط مضيئة تكون أكثر سطوعاً بقدر ما تكون الطاقة المنعكسة أكبر (كالتمثيل في النمط B).

فعندما يستخدم مجس موجه نحو البنى القلبية مثلاً، تبتعد أصداء البنى المتحركة عن المجس أو تقترب منه في كل دورة قلبية. وإن انسحاب هذا الخط التمثيلي للأصداء بسرعة ثابتة موازياً لنفسه يؤدي إلى إظهار انتقال البنى التي تعترض الحزمة فوق الصوتية بدلالة الزمن.

# الأمواج فوق الصوتية العالية الشدة المبأرة والتطبيقات الطبية

- الأمواج فوق الصوتية العالية الشدة المبأرة High intensity focused ultrasound (HIFU أو أحياناً MRgFUS التي تعني الأمواج فوق الصوتية المبأرة الموجهة بالتجاوب المغنطيسي)
- طريقة طبية يطبق فيها طاقة فوق صوتية مبأرة عالية الشدة لتسخين النسيج المريض أو التالف موضعياً وتحطيمه من خلال الاستئصال.

# الأمواج فوق الصوتية العالية الشدة المبأرة والتطبيقات الطبية

- إن تقنية HIFU هي معالجة فرط حرارية hyperthermia therapy، وهي صنف من المعالجات السريرية التي تستخدم الحرارة في معالجة الأمراض. والـ HIFU هي شكل أيضاً من أشكال المعالجة بالأمواج فوق الصوتية، تتضمن طرائق لاهجومية أو هجوميتها في حدها الأدنى في توجيه الطاقة الصوتية نحو الجسم.
- ثمة طرائق أخرى بالإضافة إلى HIFU تتضمن تأمين المعالجة بالاستعانة بالأمواج فوق الصوتية، كوقف النزف بالأمواج فوق الصوتية ultrasound hemostasis وتفتيت الحصى بالأمواج فوق الصوتية وتحطيم الخثرات thrombolysis بالاستعانة بالأمواج فوق الصوتية.

# الأمواج فوق الصوتية العالية الشدة المبأرة والتطبيقات الطبية

- تجري إجراءات الـ HIFU السريرية في الحالة النموذجية بالتزامن مع إجراء تصوير لتمكين التخطيط للمعالجة واستهدافها قبل تطبيق مستويات علاجية أو استئصالية من الطاقة فوق الصوتية.
- عندما يستخدم تصوير التجاوب المغنطيسي MRI في التوجيه، تدعى التقنية أحياناً الأمواج فوق الصوتية المبأرة والموجهة بالتجاوب المغنطيسي Magnetic Resonance guided Focused Ultrasound وغالباً ما تختصر على الشكل MRgFUS أو MRgHIFU.

# الأمواج فوق الصوتية العالية الشدة المبأرة والتطبيقات الطبية

- تستخدم التطبيقات العلاجية الأمواج فوق الصوتية لإحداث الحرارة أو التهيج في الجسم.
- ولذلك تستخدم طاقة أعلى بكثير منها في حالة الأمواج فوق الصوتية التشخيصية.
- كما إن مجال التواترات المستخدمة في كثير من الحالات شديدة الاختلاف.

# الأمواج فوق الصوتية العالية الشدة المبأرة والتطبيقات الطبية

- يمكن استخدام المنابع فوق الصوتية في توليد التغيرات الحرارية والميكانيكية الموضعية في النسيج الحيوي كما في المعالجة المهنية occupational therapy والمعالجة الفيزيائية ومعالجة السرطان.
- غير إن استخدام الأمواج فوق الصوتية في معالجة حالات العضلات الهيكلية musculoskeletal conditions لم يعد مقبولاً.

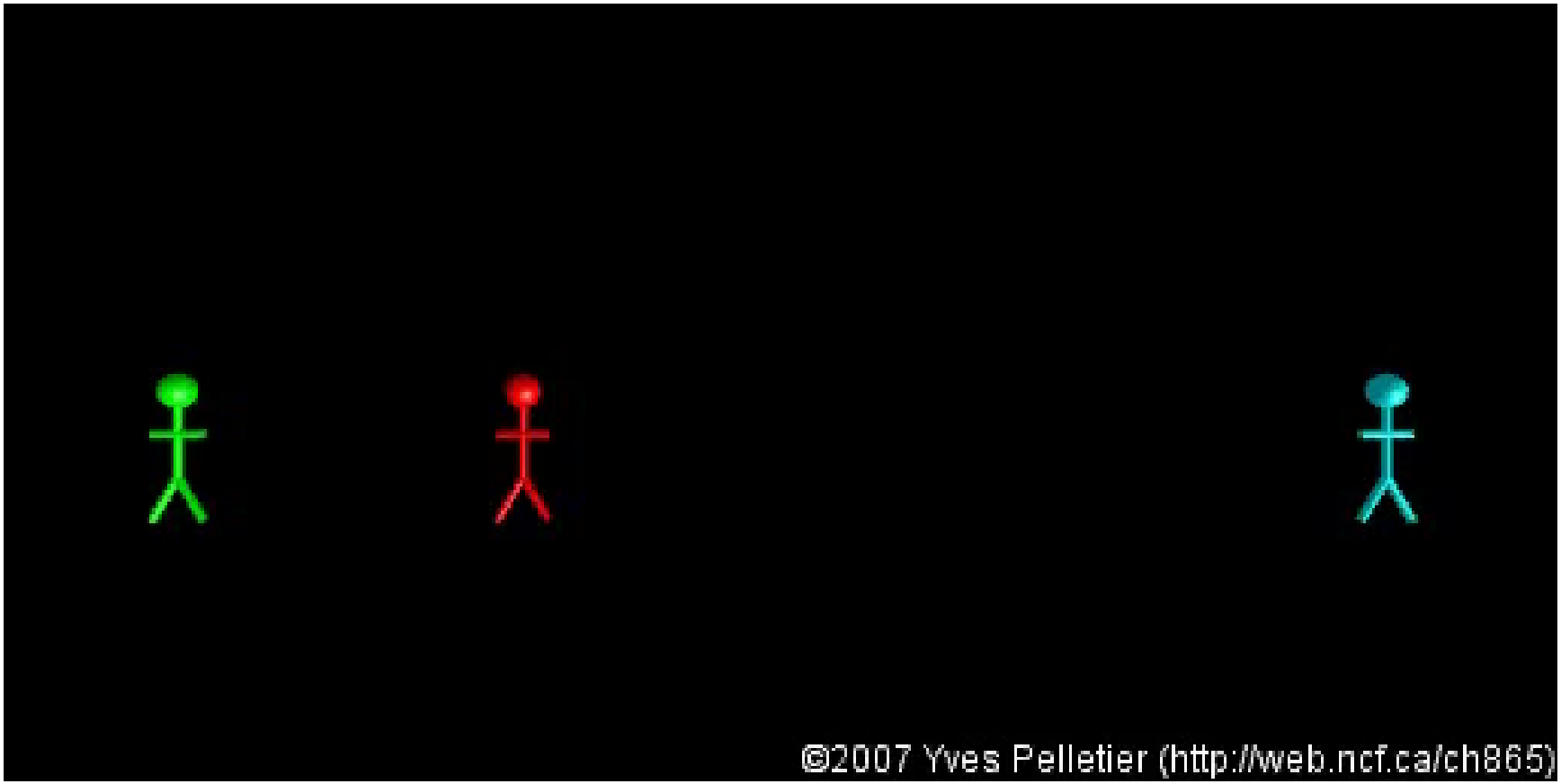
## مجالات المعالجة بتقنية (MRgFUS) أو (HIFU).

- يمكن استخدام الأمواج فوق الصوتية المبأرة في توليد تسخين شديد التوضع في معالجة الكييسات cysts والأورام الحميدة والخبيثة.
- التواترات المستخدمة أخفض منها في حالة التصوير الطبي التشخيصي بالأمواج فوق الصوتية (من 0.250 إلى 2MHz)، ولكن بطاقات أعلى بكثير.
- في تحطيم حصى الكلية بتفتيت الحصى lithotripsy.
- في معالجة السادات cataract عن طريق استحلاب العدسة phacoemulsification.

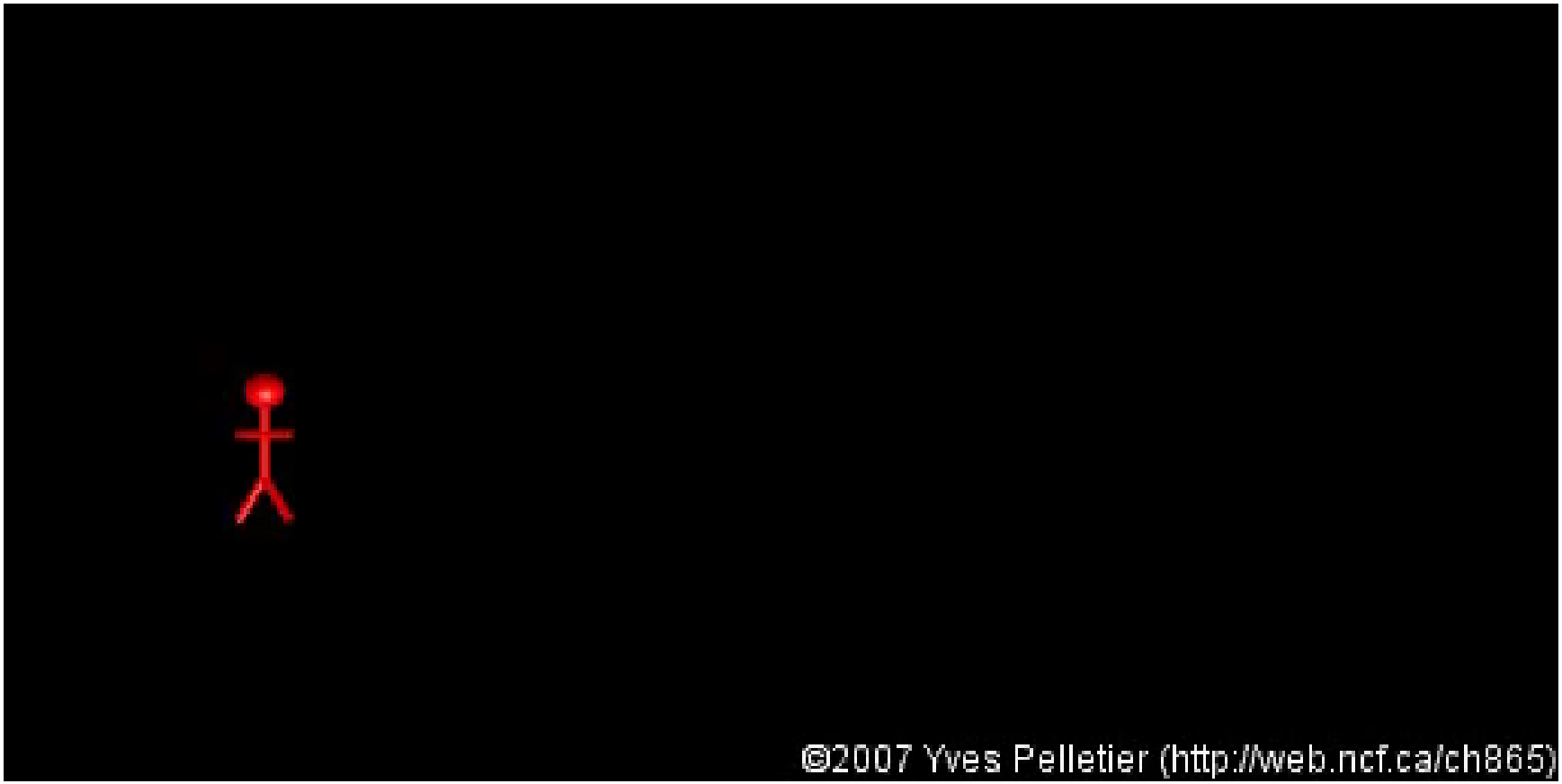
# أهمية الأمواج فوق الصوتية المنخفضة الشدة

- اكتشفت مفعولات فيزيولوجية إضافية للأمواج فوق الصوتية المنخفضة الشدة، منها:
- إمكانية تحريض نمو العظام،
- إمكانية تمزيق الحاجز الدموي الدماغي لسوق الدواء.

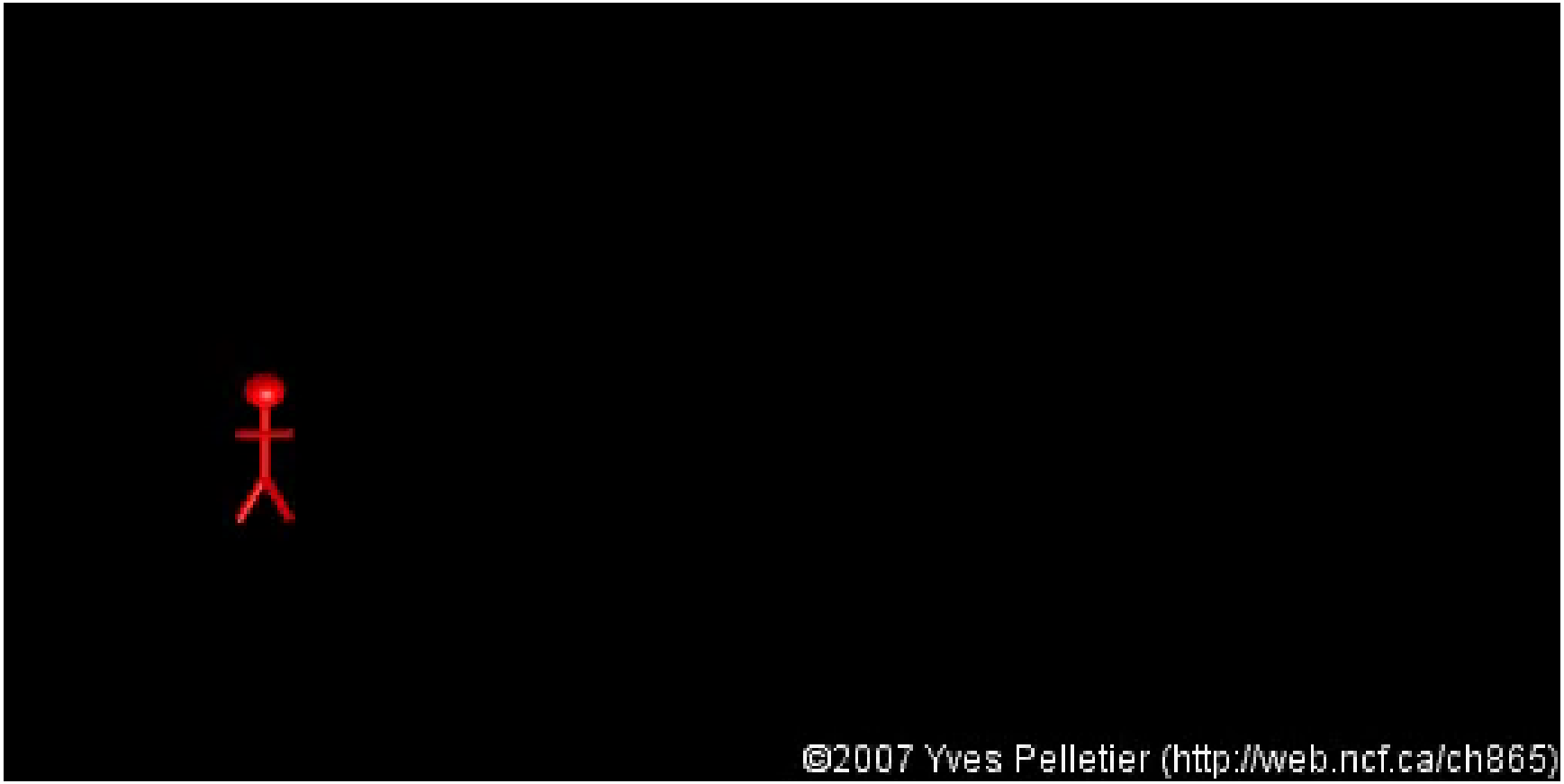
# مفعول دوبلر
# (سرعة الأمواج أعلى من سرعة المادة)



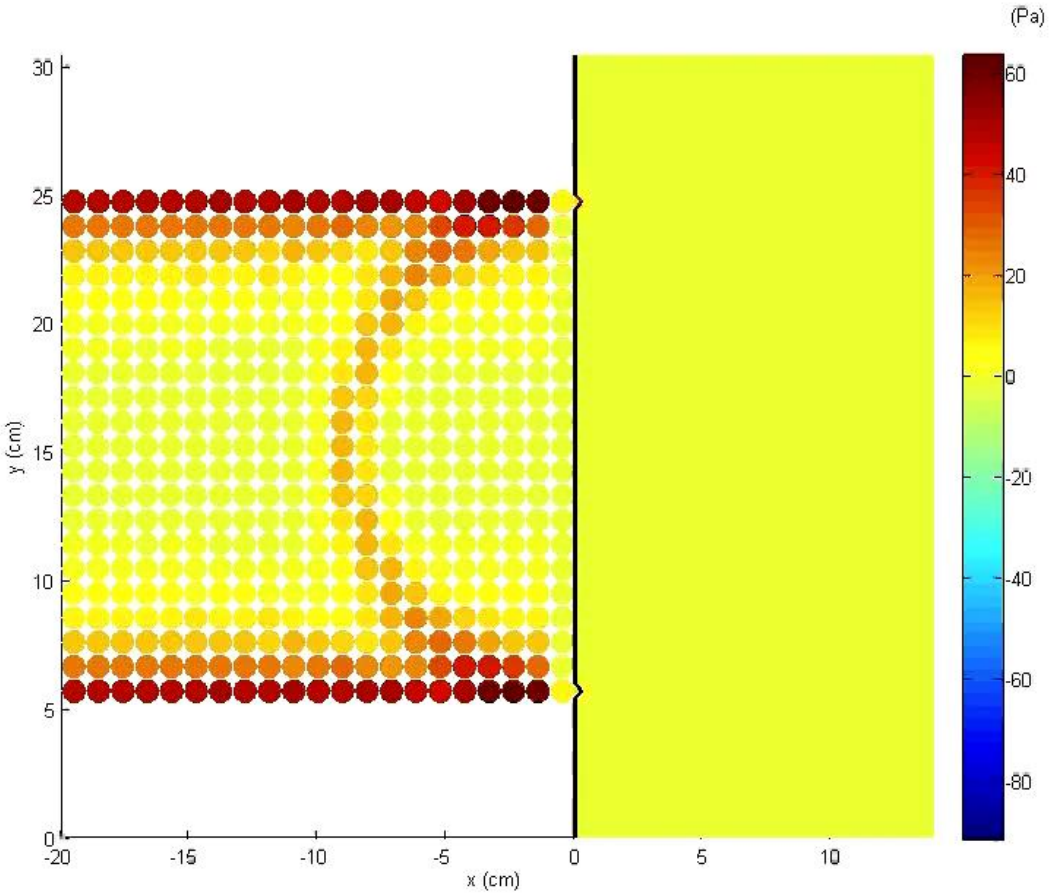
# سرعة المادة تساوي سرعة الأمواج الصوتية



# الأمواج الصادمة
# (سرعة المادة أعلى من سرعة الأمواج الصوتية)



# الطلقة الصوتية



# مفتت الحصى