Acquisition

During the relaxation processes ***the spins shed their excess energy***, which they ***acquired from the 90º RF pulse***, in the shape of radio ***frequency waves***. In order to produce an image we need to pick up these waves before they disappear into space. This can be done with a ***receive coil***. The receive coil can be the ***same as the transmit coil or a different one***. An interesting, but ever so important, fact is ***the position of the receive coil***. أثناء عمليات الاسترخاء، تتخلص السبينات من طاقتها الزائدة، التي اكتسبتها من نبضة تردد راديوي تبلغ 90 درجة، على شكل موجات تردد راديوي. ومن أجل إنتاج صورة نحتاج إلى التقاط هذه الموجات قبل أن تختفي في الفضاء. يمكن القيام بذلك باستخدام ملف الاستقبال. يمكن أن يكون ملف الاستقبال هو نفس ملف الإرسال أو ملفًا مختلفًا. هناك حقيقة مثيرة للاهتمام، ولكنها في غاية الأهمية، وهي موضع ملف الاستقبال.

The ***receive coil must be positioned at right angles to the main magnetic field*** (B_0). ***Failing to do so will result in an image without signal***. This is why: if we open up a coil we see it is basically nothing but a loop of copper wire. ***When a magnetic field goes through the loop, a current is induced*** (Figure 9.23). يجب وضع ملف الاستقبال بزوايا قائمة على المجال المغناطيسي الرئيسي. سيؤدي عدم القيام بذلك إلى ظهور صورة بدون إشارة. لهذا السبب: إذا فتحنا ملفًا، فإننا نرى أنه في الأساس ليس سوى حلقة من الأسلاك النحاسية. عندما يمر مجال مغناطيسي خلال الحلقة، يتولد تيار

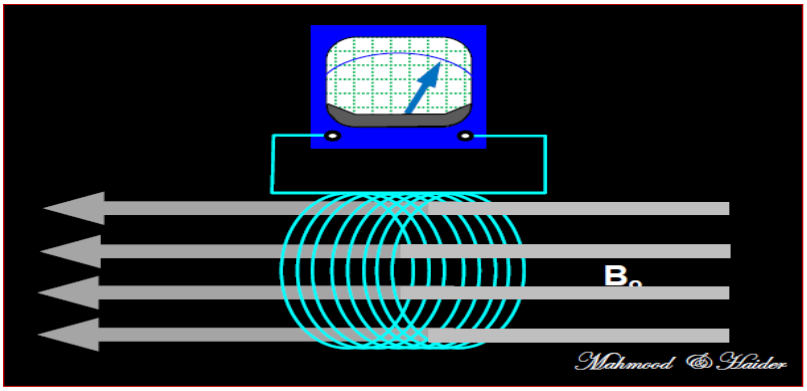

Figure 9.23: A magnetic field goes through the loop, a current is induced.

B_0 is a very ***strong magnetic field; much stronger than the RF signal*** we are about to receive. That means if we position the coil such that ***B_0 goes through the coil an enormous current is induced***, and the ***tiny current induced by the RF*** wave is overwhelmed. We will ***only see a lot of speckles (called: noise) in our image***. Therefore, we have to make sure that the receive coil ***is positioned in such a way that B_0 can't go through the coil***. The only way to achieve this is to ***position the receive coil at right angles to B_0*** as shown in Figure 9.24. هو مجال مغناطيسي قوي جداً؛ أقوى بكثير من إشارة التردد اللاسلكي التي نحن على وشك تلقيها. وهذا يعني أنه إذا وضعنا الملف بحيث يمر عبر الملف، فسيتم حث تيار هائل، وسيتم التغلب على التيار الصغير الناتج عن موجة التردد اللاسلكي. سنرى فقط الكثير من البقع (تسمى: الضوضاء) في صورتنا. ولذلك، علينا أن نتأكد من أن ملف الاستقبال تم وضعه بطريقة لا يمكن أن تمر عبر الملف. الطريقة الوحيدة لتحقيق ذلك هي وضع ملف الاستقبال بزوايا قائمة كما هو موضح في الشكل 9.24.

It is quite interesting to try this for yourself with your scanner. Just make a series of scans where you position the receive coil at different angles. Start with the coil at a right angle with B0, and then turn it a bit such that B0 is allowed to run through the coil. Next turn it a bit further until B_0 runs entirely through the coil. You will see your ***image degrade very quickly***. At some stage the system is probably ***not able to "tune" the coil anymore and won't be able to make a scan***. من المثير للاهتمام أن تجرب ذلك بنفسك باستخدام الماسح الضوئي الخاص بك. ما عليك سوى إجراء سلسلة من عمليات المسح حيث تضع ملف الاستقبال بزوايا مختلفة. ابدأ بالملف بزاوية قائمة، ثم قم بتدويره قليلاً بحيث يُسمح بالمرور عبر الملف. قم بعد ذلك بتدويره قليلاً حتى يتم تشغيله بالكامل عبر الملف. سترى صورتك تتدهور بسرعة كبيرة. في مرحلة ما، ربما لا يكون النظام قادرًا على "ضبط" الملف بعد الآن ولن يتمكن من إجراء المسح.

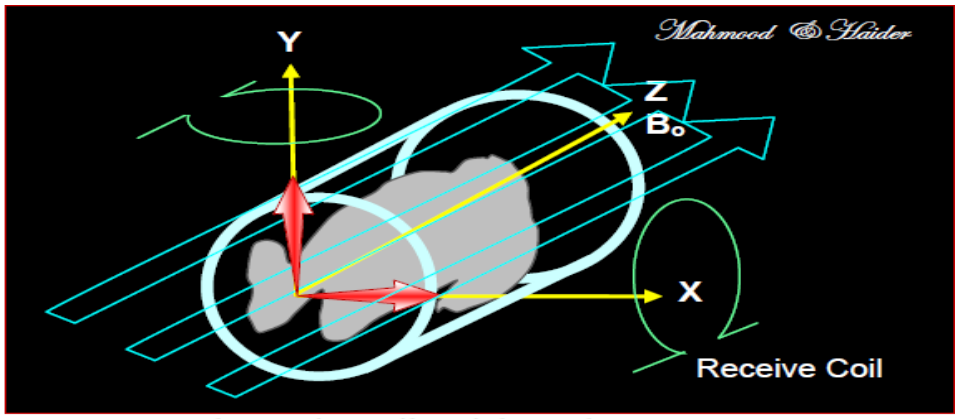

Figure 9.24: The receive coil at right angles to B_0.

Remember this:: تذكر هذا

- ***The only proper way to position the receive coil is at right angles to B_0.*** الطريقة الصحيحة الوحيدة لوضع ملف الاستقبال هي بزوايا قائمة

Note: Many coils are ***specifically designed for a certain body part***. For instance the ***Head coil***; if you fix the coil on the scanner table it seems that B_0 runs through the coil. This is only 'optical Illusion'. The coil is designed such that the loops of copper wire, which make up the coil, are ***at right angles to B_0***. Designing a coil for a ***bore type magnet*** where B_0 runs through the length of the body is ***exceptionally difficult***. If you open up a Head coil you'll see probably two copper wires, which are ***saddle shaped and positioned at right angles*** to one another. In order to receive enough signal there are ***two coils, becausesaddle shaped coils are relatively inefficient***.

ملحوظة: تم تصميم العديد من الملفات خصيصًا لجزء معين من الجسم. على سبيل المثال لفائف الرأس. إذا قمت بإصلاح الملف على طاولة الماسح الضوئي، فيبدو أنه يمر عبر الملف. هذا ليس سوى "الوهم البصري". تم تصميم الملف بحيث تكون حلقات الأسلاك النحاسية، التي يتكون منها الملف، بزوايا قائمة لتصميم ملف لمغناطيس من النوع المجوف حيث يكون مروره عبر طول الجسم أمرًا صعبًا للغاية. إذا قمت بفتح ملف الرأس، فمن المحتمل أن ترى سلكين نحاسيين، وهما على شكل سرج وموضعان بزوايا قائمة على بعضهما البعض. من أجل الحصول على إشارة كافية هناك ملفين، لأن الملفات على شكل سرج غير فعالة نسبيا.

According to ***Mr. Faraday a Radio Frequency wave*** has ***an electric and a magnetic component,*** which are at ***right angles*** from one another, have a 90º phase difference and both move in the ***same direction with the speed of light*** (Figure 9.25). وفقًا للسيد فاراداي، تحتوي موجة التردد الراديوي على مكون كهربائي ومكون مغناطيسي، وهما متعامدان مع بعضهما البعض، ويختلف طورهما بمقدار 90 درجة، ويتحرك كلاهما في نفس الاتجاه مع سرعة الضوء

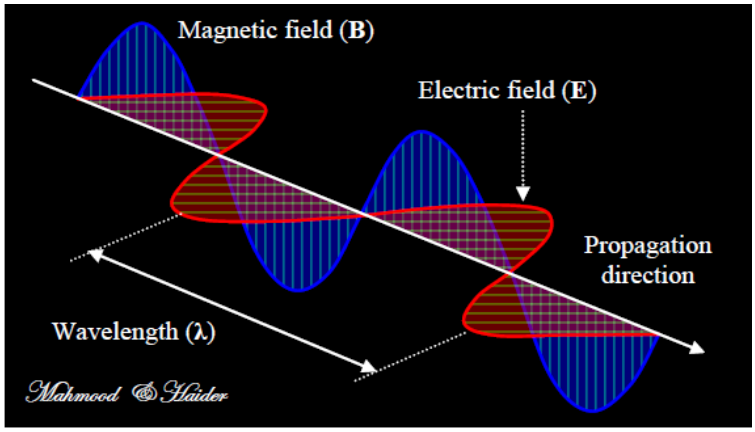

Figure 9.25: electric and a magnetic component of Radio Frequency wave.

It is the magnetic component in which we are interested because that induces ***the current in the receive coil***. إنه المكون المغناطيسي الذي نحن مهتمون به لأنه يحفز التيار في ملف الاستقبال.

Determine the positioning of the coils so that they form ***a right angle with B_0*** means we can receive signals from ***processes only when the right angles be a between the coils and B_0*** which happens to be ***T2 relaxation***. ***T2 relaxation is a decaying process***, which means ***phase coherence is strong in the beginning, but rapidly becomes less until there is no phase coherence left***. Consequently, the signal that is received is ***strong in the beginning and quickly becomes weaker due to T2 relaxation*** (Figure 9.26) تحديد موضع الملفات بحيث تشكل زاوية قائمة مع الوسائل التي يمكننا من خلالها استقبال الإشارات من العمليات فقط عندما تكون الزوايا القائمة بين الملفات والتي يحدث فيها الاسترخاء. الاسترخاء هو عملية اضمحلال، مما يعني أن تماسك الطور يكون قويًا في البداية، ولكنه يتضاءل سريعًا حتى لا يتبقى تماسك طوري. وبالتالي فإن الإشارة التي يتم استقبالها تكون قوية في البداية وسرعان ما تصبح أضعف بسبب الاسترخاء.

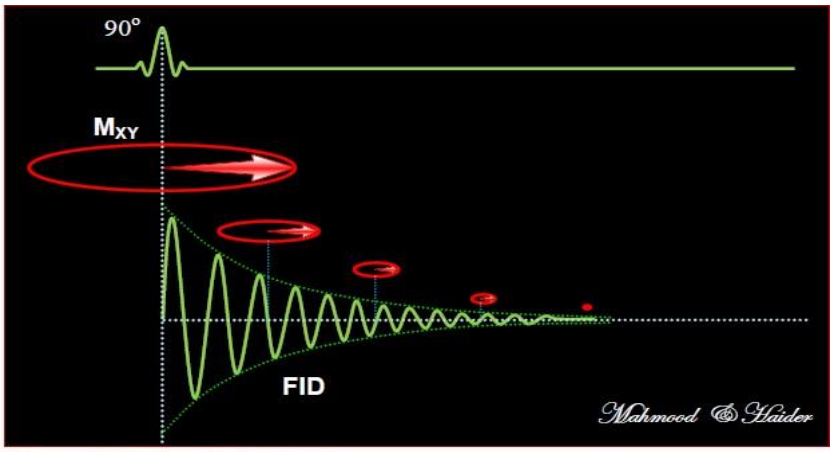

Figure 9.26: Free Induction Decay

The signal is called: ***Free Induction Decay (FID)***. ***The FID is the signal we would receive in absence of any magnetic field***. In the presence of a magnetic field ***T2 decay***

تسمى الإشارة: الاضمحلال التعريفي الحر. وهي الإشارة التي سنستقبلها في حالة عدم وجود أي مجال مغناطيسي. في ظل وجود اضمحلال المجال المغناطيسي

goes much faster due to local (microscopic) magnetic field inhomogeneity and chemical shift, which are known as T2* effects). The signal we receive is much ***shorter than T2***. The actual signal decays very rapidly; in ± ***40 milliseconds*** it's ***reduced to practically zero***. This poses a problem, as we will see later. يذهب بشكل أسرع بكثير بسبب عدم تجانس المجال المغناطيسي المحلي (المجهري) والتحول الكيميائي، والذي يُعرف باسم التأثيرات 2*). الإشارة التي نتلقاها أقصر بكثير من 2. وتضمحل الإشارة الفعلية بسرعة كبيرة؛ في ± 40 مللي ثانية يتم تقليله إلى الصفر تقريبًا. وهذا يطرح مشكلة كما سنرى لاحقا.

Computing and Displayالحوسبة والعرض

In general, system of MRI consists of ***five major components***: ***magnet, gradient systems,RF coil system, receiver, and computer system***. Figure 9.27 shows the entire process graphically. The received signal (Figure 9.28) is **then fed into a computer**. بشكل عام، يتكون نظام التصوير بالرنين المغناطيسي من خمسة مكونات رئيسية: المغناطيس، أنظمة التدرج، نظام ملف الترددات اللاسلكية، جهاز الاستقبال، ونظام الكمبيوتر. ويبين الشكل 9.27 العملية برمتها بيانيا. يتم بعد ذلك إدخال الإشارة المستقبلة (الشكل 9.28) إلى جهاز الكمبيوتر.

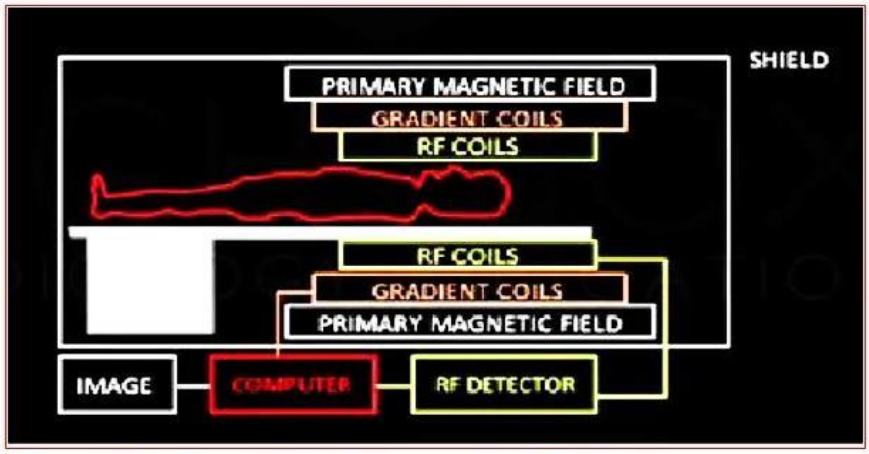

Figure 9.27: General Major Components of MRI system.

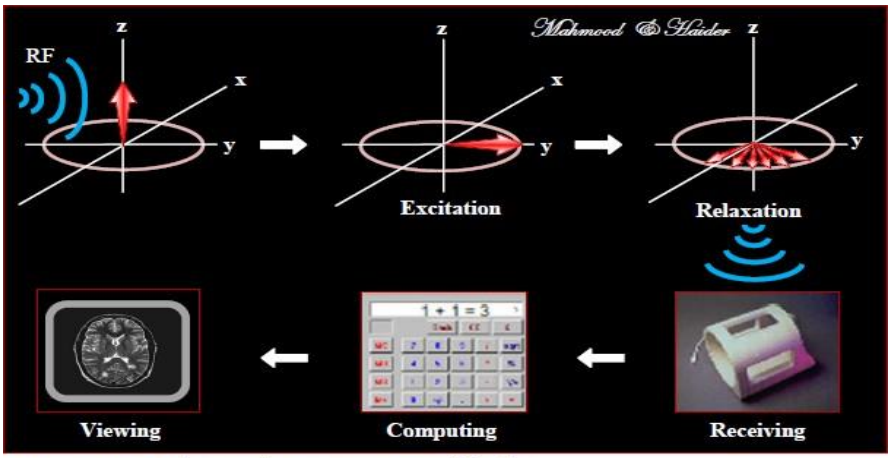

Figure 9.28: the entire process graphically.

Fourier Transformation تحويل فورييه

The Fourier transform (FT) is ***a mathematical technique*** for ***converting time*** domain data to ***frequency domain*** data, and vice versa. In order to transfer MR data from time (FID) to frequency domain (spectrum), we have to apply FT. Using FT all signals can be separated by ***their frequencies and the intensities in the spectrum***. تحويل فورييه (هو تقنية رياضية لتحويل بيانات المجال الزمني إلى بيانات المجال الترددي، والعكس. ولنتمكن من نقل البيانات من المجال الزمني إلى المجال الترددي (الطيف) علينا تطبيق ذلك. وباستخدام جميع الإشارات يمكن فصلها حسب تردداتها والشدة في الطيف.

Gradient Coils لفائف التدرج

To produce an image, you must s***timulate the hydrogen nuclei in the body***, and then determine ***the location of those nuclei*** within the body. These tasks are accomplished using the ***gradient coil***. **لإنتاج الصورة، يجب تحفيز نواة الهيدروجين في الجسم، ومن ثم تحديد موقع تلك النوى داخل الجسم. يتم إنجاز هذه المهام باستخدام ملف التدرج.**

If we assume a ***completely homogeneous*** magnetic field (this ideal situation does not exist), then all the protons in the body will ***spin at the Larmor frequency***. This means that all protons when return to equilibrium ***give the same signal***. In this case we will not know whether the signal coming from ***the head or foot***. So you will not get ***clear image.*** *إذا افترضنا وجود مجال مغناطيسي متجانس تمامًا (هذا الوضع المثالي غير موجود)، فإن جميع البروتونات الموجودة في الجسم سوف تدور بتردد لارمور. وهذا يعني أن جميع البروتونات عند عودتها إلى التوازن تعطي نفس الإشارة. وفي هذه الحالة لن نعرف ما إذا كانت الإشارة قادمة من الرأس أم من القدم. لذلك لن تحصل على صورة واضحة*

The solution to our problem can be found in the characteristics of the RF-wave, whichare: ***Phase, Frequency*** ***and*** ***Amplitude*** *يمكن العثور على حل مشكلتنا في خصائص موجة التردد اللاسلكي، وهي: الطور والتردد والسعة*

First, we will divide the body up to the ***volume elements***, also known as***: voxels***. *أولا، سوف نقوم بتقسيم الجسم إلى عناصر الحجم، والمعروفة أيضا باسم: .*

- ***The protons within that voxel will emit RF wave with known phase and frequency.*** **Ø ستصدر البروتونات الموجودة داخل هذا الفوكسل موجة تردد راديوي ذات طور وتردد معروفين.**
- ***Amplitude of the signal depends on the amount of protons in the voxel.*** Ø *يعتمد سعة الإشارة على كمية البروتونات الموجودة في الفكسل.*

Gradient Coils (((*are the answer to our problem*)))

The gradient coils are ***resistant type electromagnets***, which enable us to create additional magnetic fields, which are ***superimposed on the main magnetic field B_0***. The gradient coils are used to ***spatially encode the positions of the MRI spins by varying the magnetic field linearly across the imaging volume such that the Larmor frequency varies as a function of position.***

الملفات المتدرجة (((هي الحل لمشكلتنا)))

الملفات المتدرجة عبارة عن مغناطيسات كهربائية من النوع المقاوم، والتي تمكننا من إنشاء مجالات مغناطيسية إضافية، والتي يتم فرضها على المجال المغناطيسي الرئيسي. تُستخدم الملفات المتدرجة لتشفير مواضع دوران التصوير بالرنين المغناطيسي مكانيًا عن طريق تغيير المجال المغناطيسي خطيًا عبر حجم التصوير بحيث يتغير التردد كدالة للموضع.

To achieve ***adequate image quality and frame rates***, the gradient coils in the MRI imaging system must ***rapidly change the strong static magnetic field by approximately 5% in the area of interest***. ***High-voltage*** (operating at a few kilovolts) and ***high-current*** (100s of amps) power electronics are ***required to drive these gradient coils***. لتحقيق جودة الصورة ومعدلات الإطارات الكافية، يجب أن تغير الملفات المتدرجة في نظام التصوير بالرنين المغناطيسي المجال المغناطيسي الثابت القوي بسرعة بنسبة 5٪ تقريبًا في منطقة الاهتمام. مطلوب إلكترونيات الطاقة ذات الجهد العالي (التي تعمل عند بضعة كيلو فولت) والتيار العالي (100 أمبير) لتشغيل هذه الملفات المتدرجة.

Notwithstanding the ***large power requirements***, ***low noise*** and ***stability*** are key ***performance metrics*** since any ***ripple in the coil current causes noise in the subsequent RF pickup***. That ***noise directly affects the integrity of the images***. على الرغم من متطلبات الطاقة الكبيرة، يعد انخفاض مستوى الضجيج والاستقرار من مقاييس الأداء الرئيسية نظرًا لأن أي تموج في تيار الملف يسبب ضوضاء في التقاط التردد اللاسلكي اللاحق. يؤثر هذا الضجيج بشكل مباشر على سلامة الصور.

To differentiate ***tissue types***, the MRI systems ***analyze the magnitude of the received signals***. Excited nuclei continue to emit a signal until the energy absorbed during the excitation phase has been released. The ***time constant*** of these exponentially ***decaying signals*** ranges from ***tens of milliseconds to over a second***; the ***recovery time*** is a ***function of field strength and the type of tissue***. It is the variations in this ***time constant that allow different tissue types to be identified***. للتمييز بين أنواع الأنسجة، تقوم أنظمة التصوير بالرنين المغناطيسي بتحليل حجم الإشارات المستقبلة. تستمر النوى المثارة في إصدار إشارة حتى يتم إطلاق الطاقة الممتصة أثناء مرحلة الإثارة. يتراوح الثابت الزمني لهذه الإشارات المتدهورة بشكل كبير من عشرات الملي ثانية إلى أكثر من ثانية؛ يعتمد وقت التعافي على قوة المجال ونوع الأنسجة. إن الاختلافات في هذا الثابت الزمني هي التي تسمح بتحديد أنواع الأنسجة المختلفة.

By: Muhammad Jabbar Hussein