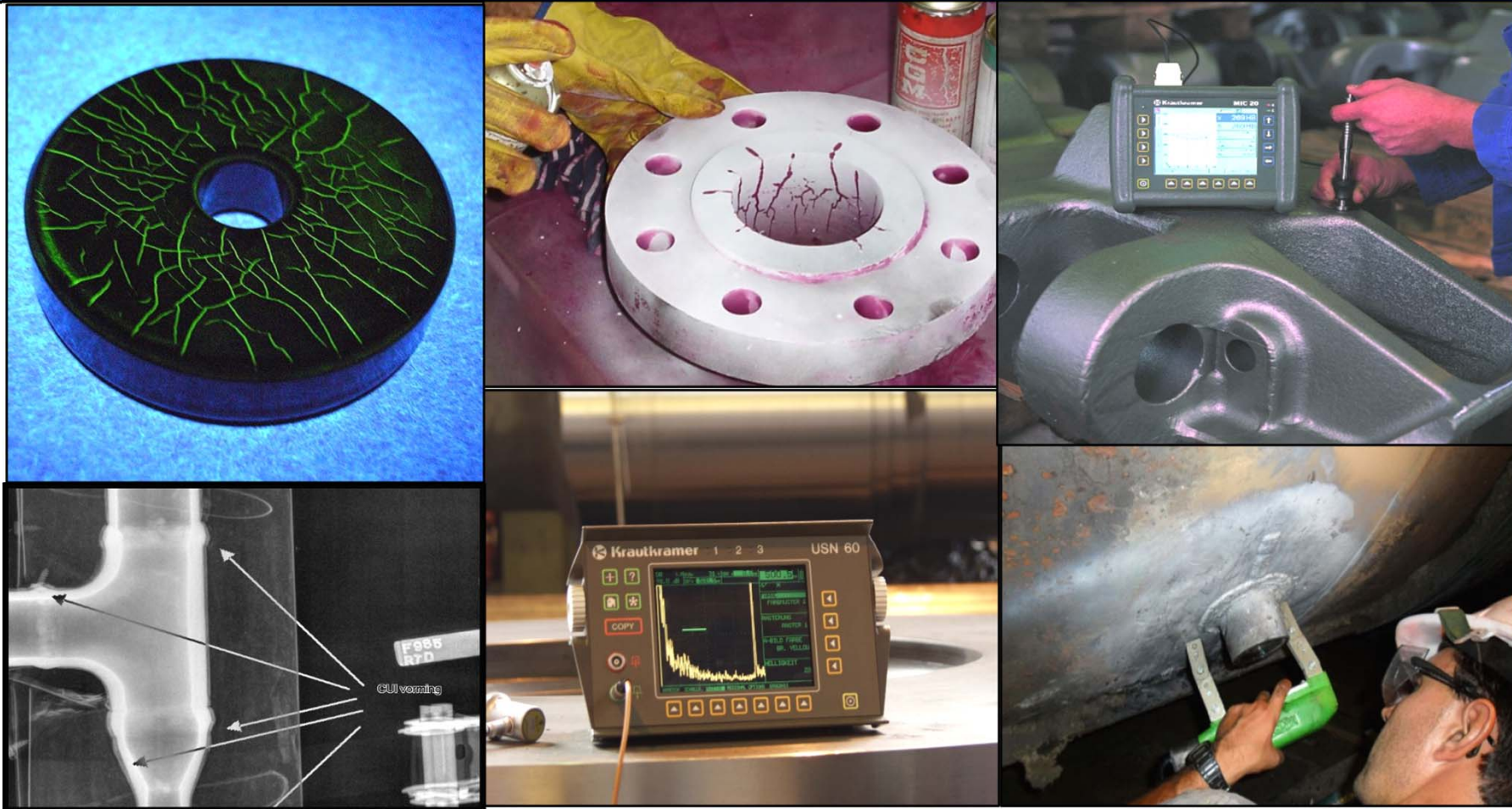


LOM 3084 –INSPEÇÃO E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

■ **Apresentação do Professor**

- Experiência industrial como Engenheiro Mecânico e Analista de Falhas em indústrias como Mangels, Labmat, Jacto Máquinas Agrícolas (1997);
- **Graduação em Engenharia Mecânica** (UNESP-1997);
- **Mestrado** em Engenharia de Materiais: Comportamento mecânico Fadiga e Mecânica da Fratura de Materiais (USP-2001);
- **Doutorado** em Engenharia de Materiais: : Comportamento mecânico Fadiga e Mecânica da Fratura de Materiais (2007);
- **Pós Doutorado** em Fadiga e Mecânica da Fratura pela (USP-2008)
- **Pós Doutorado** em Fadiga Termomecânica em Birmingham Inglaterra (2012);
- **Livre Docente** em Fadiga e Fratura (2014) – Professor Associado;

REFERÊNCIAS:

- ☐ **APOSTILAS-ABENDE-RICARDO ANDREUCCI;**
- ☐ **MATERIAL DA GE INPECTION TECHNOLOGIES.**
- ☐ **NOTAS DE AULA (DISPONIBILIZADAS NO SITE DO SMM-EESC-USP).**
- ☐ **ASM HANDBOOK, V.17, NONDESTRUCTIVE EVALUATION AND QUALITY CONTROL. AMERICAN SOCIETY FOR MATERIALS, 1989.**
- ☐ **CARTZ L., NONDESTRUCTIVE TESTING. AMERICAN SOCIETY FOR MATERIALS, 1995.**
- ☐ **SUMMERSCALES J., NONDESTRUCTIVE TESTING OF FIBRE REINFORCED PLASTICS COMPOSITES: V. 1 & 2, 3 ED., NEW YORK, SPRINGER, 1990.**

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

**POR QUÊ ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS?
QUAL SUA IMPORTÂNCIA?**

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Definição

Ensaio Não-Destrutivo são ensaios que, quando realizados em peças acabadas, ou semi-acabadas não interferem nem prejudicam o seu uso ou processamento posterior.

Segundo a ASNT - *American Society for Nondestructive Testing*, END são empregados na determinação da condição física de um objeto sem que isso afete a capacidade do mesmo satisfazer as suas funções tais como previstas na etapa de projeto.

Principais razões para uso dos END

- Prevenir acidentes e evitar perdas de vidas, perdas materiais e/ou a paralisação de serviços básicos/vitais;
- Impor confiança no produto e garantir a reputação do fabricante;
- Manter um nível de qualidade uniforme;
- Otimização de projetos e de processos de fabricação (simulação END);
- Aumento dos lucros da empresa, dentre outros.

Atualmente, o emprego dos END pode ser subdividido em várias categorias onde esta especialidade exerce papéis fundamentais

- Medição de propriedades do material;
- Concepção de projetos para manufatura de materiais e componentes;
- Controle de processo em tempo real;
- Controle de qualidade nos vários estágios de manufatura;
- Operação segura continuada de componentes em serviço contra defeitos e danos.

Fatores que influenciam na seleção de um END

- Material a ser testado
- Processo de fabricação
- Geometria do componente
- Tipos de descontinuidades de ocorrência mais provável
- Sensibilidade necessária
- Custos

PRINCIPAIS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS:

- **INSPEÇÃO VISUAL;**
- **LÍQUIDO PENETRANTE,**
- **ULTRASSOM;**
- **PARTÍCULAS MAGNÉTICAS;**
- **CORRENTES PARASITAS;**
- **INSPEÇÃO VISUAL REMOTA;**
- **RADIOGRAFIA INDUSTRIAL;**
- **Termografia**
- **Análise Vibracional**

MUITO IMPORTANTE PARA EVITAR FALHAS!!!

LOM 3084 –INSPEÇÃO E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

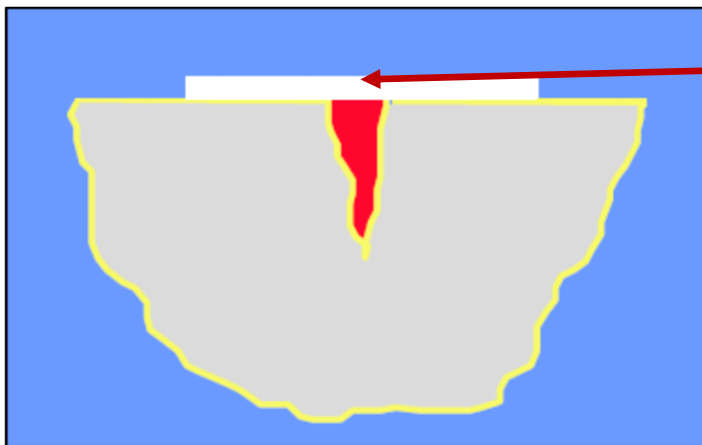
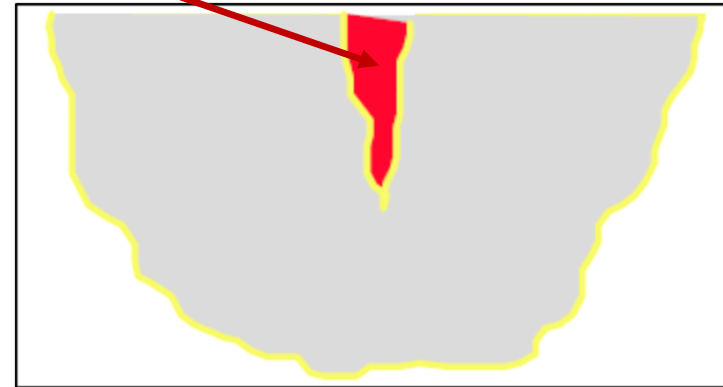


Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

APLICAÇÃO DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS:

- **RECEBIMENTO;**
- **PROCESSO;**
- **EXPEDIÇÃO;**
- **INSPEÇÕES PERIÓDICAS EM SERVIÇO:**
MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA.

LÍQUIDO PENETRANTE



REVELADOR



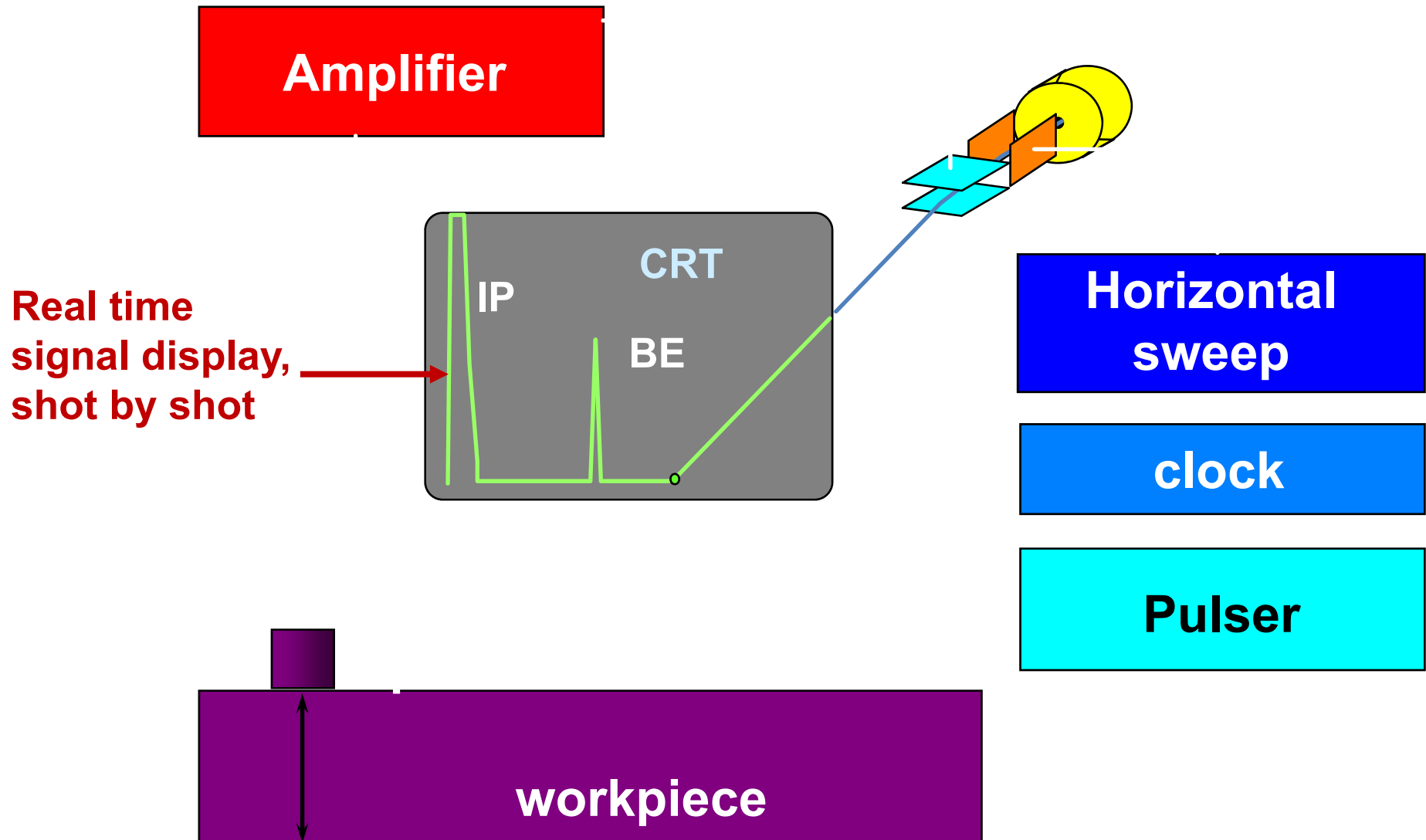
www.inspbrasil.com.br

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

HISTÓRICO DO ULTRASSOM

- Bater nas rodas de trem com martelo;
- Após o desastre do Titanic **1912**;
- Sokolov, na Rússia em **1929**, experiências usando cristais de quartzo para introduzir vibrações ultrassônicas em materiais e demonstrou que ondas ultrassônicas poderiam ser utilizadas em lugar dos raios-X para detectar descontinuidades em materiais;
- O **primeiro aparelho de ultrassom** foi desenvolvido em **1942 por Sproule**, Alemanha;
- **Trost e Gots**, na **Alemanha**, e **Firestone**, nos **EUA**;
- 1947, Sproule desenvolveu o cabeçote angular.

Prinzip: Analog technique



$$\Delta V_{aço} = 5.920m/s$$

$$\Delta V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Mas o feixe ultrassônico bate na interface metal/ar e volta:

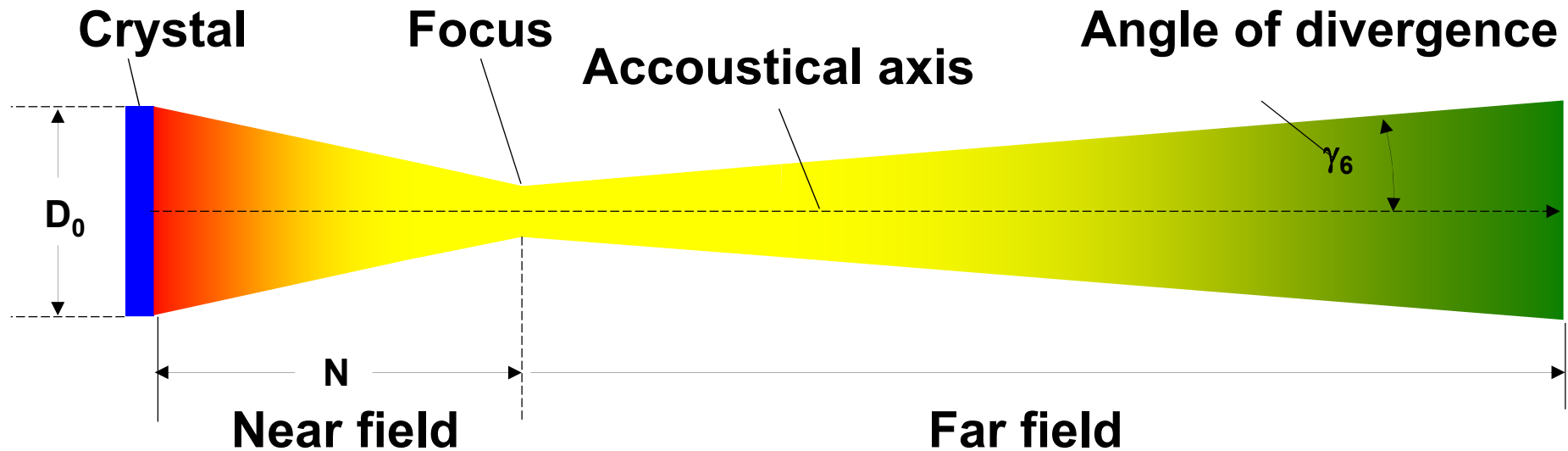
$$\Delta V = \frac{\Delta S}{2\Delta t}$$

O tempo para gerar o sinal elétrico é t_0 :

$$\Delta V = \frac{\Delta S}{2\Delta t + t_0}$$

O equipamento mede o “tempo de voo” (*time of flight*) e calcula a profundidade do defeito ou do eco de fundo

Sound field and divergence angle



$$N = \frac{D_{eff}^2 f}{4c}$$

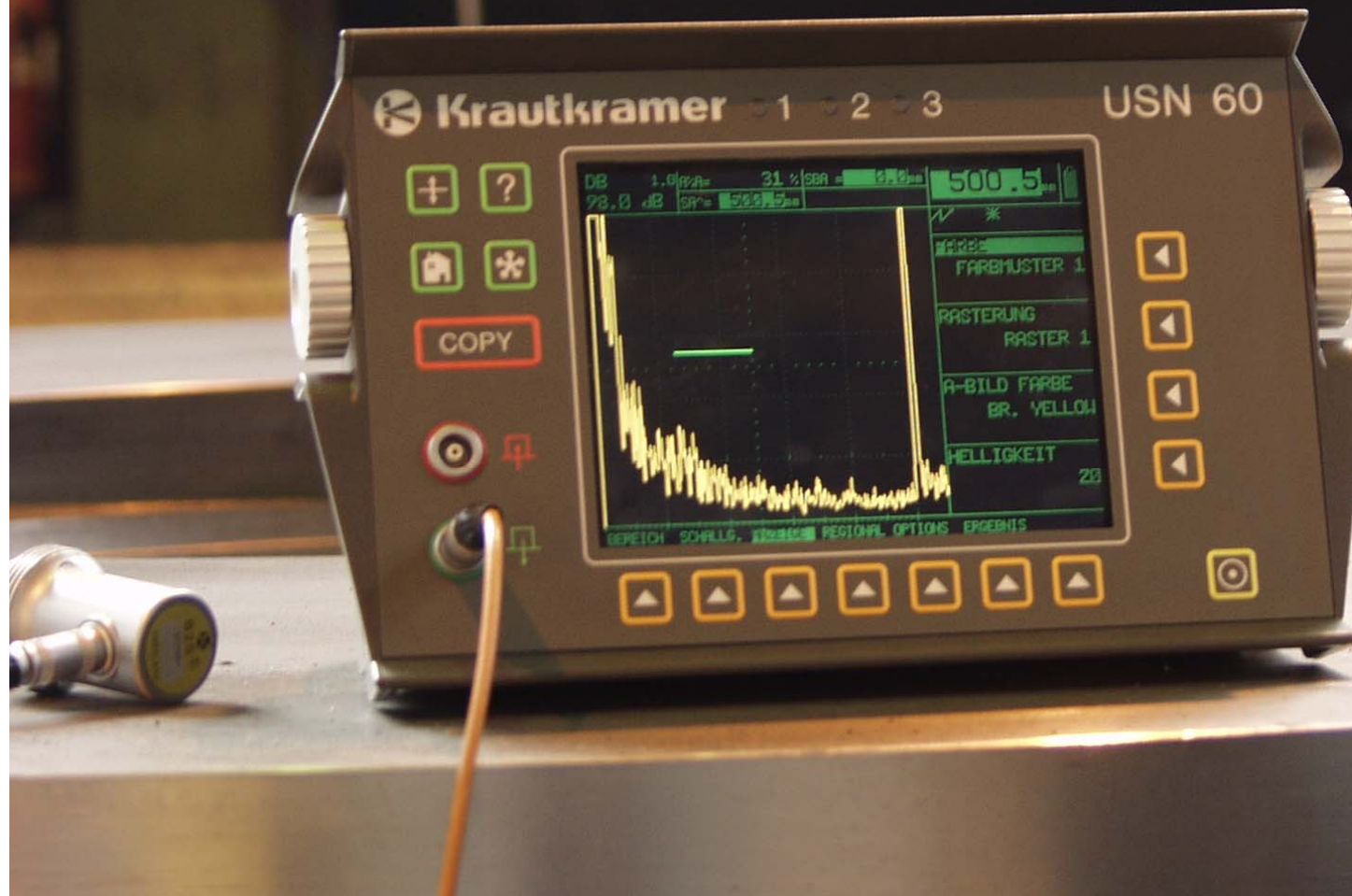
N =near field length

$$\sin \gamma_6 = 0.5 \frac{c}{D_{eff} f}$$

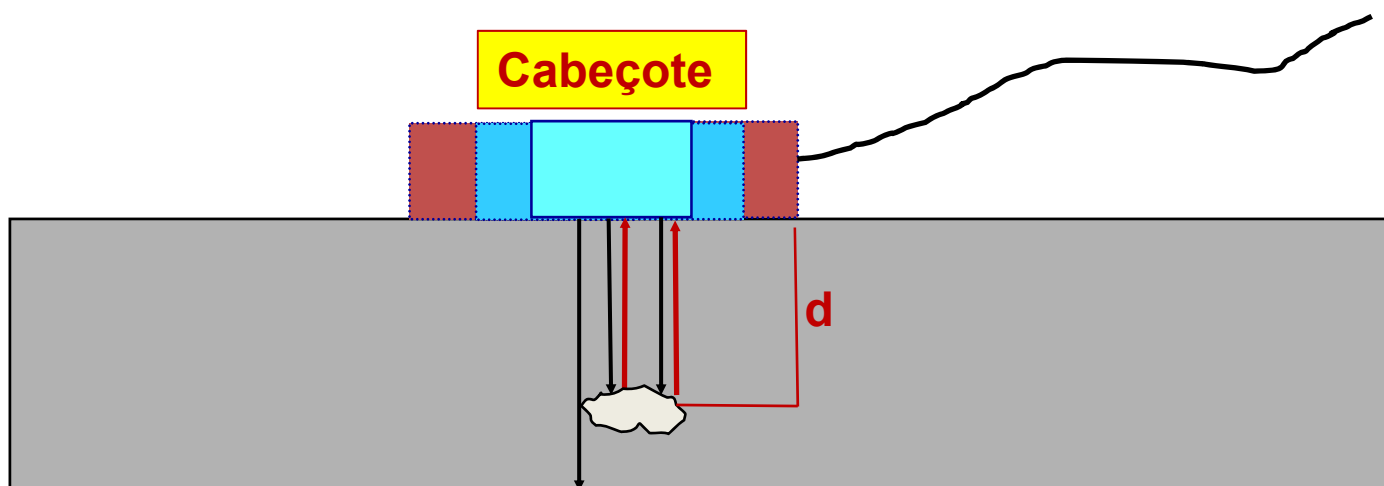
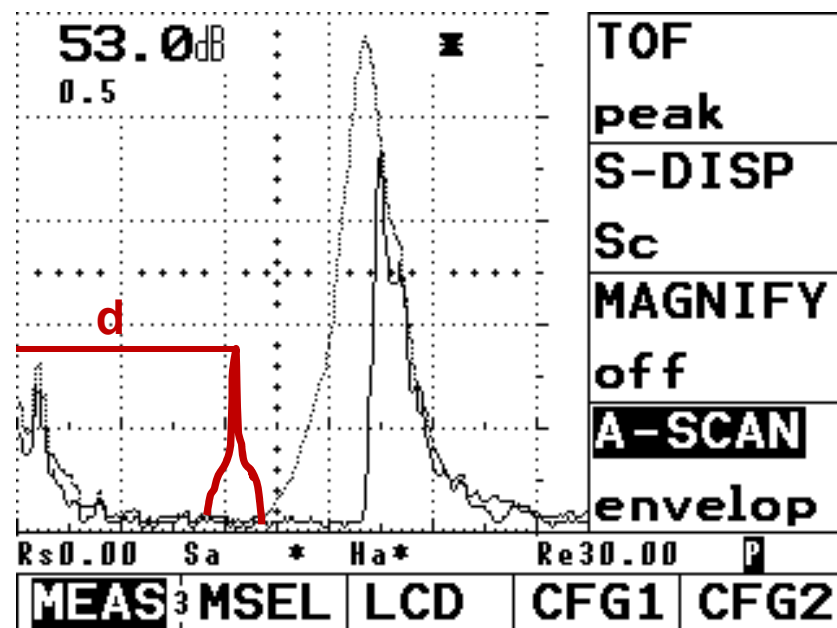
γ_6 = angle of divergence for amplitude drop to 50% (-6dB)

$$D_{eff} \approx 0.97 D_0$$

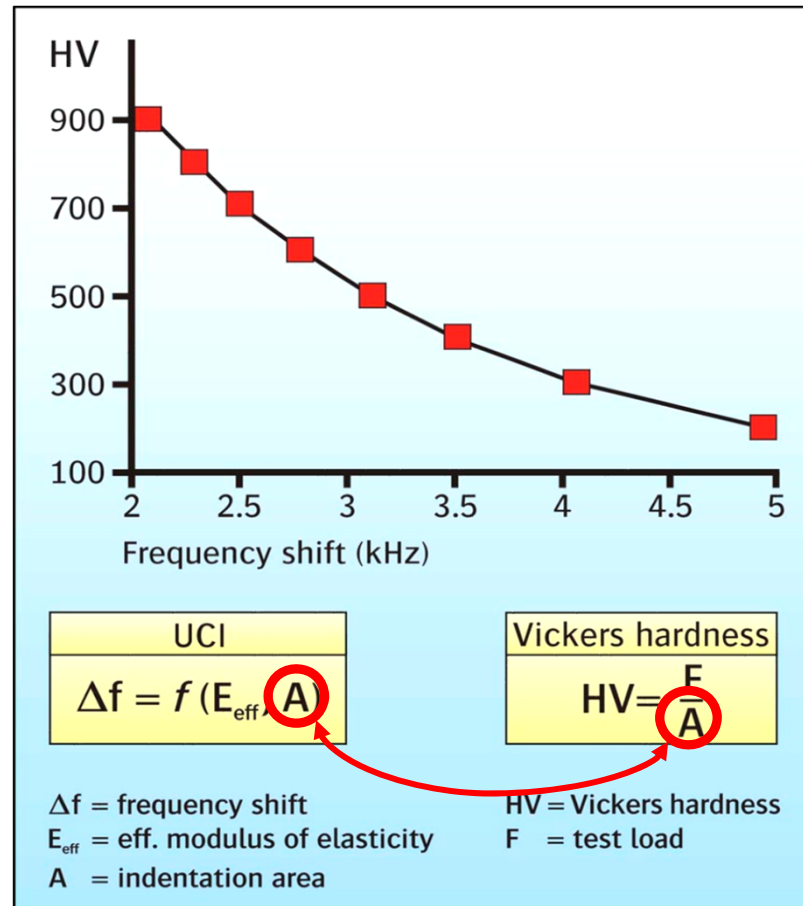
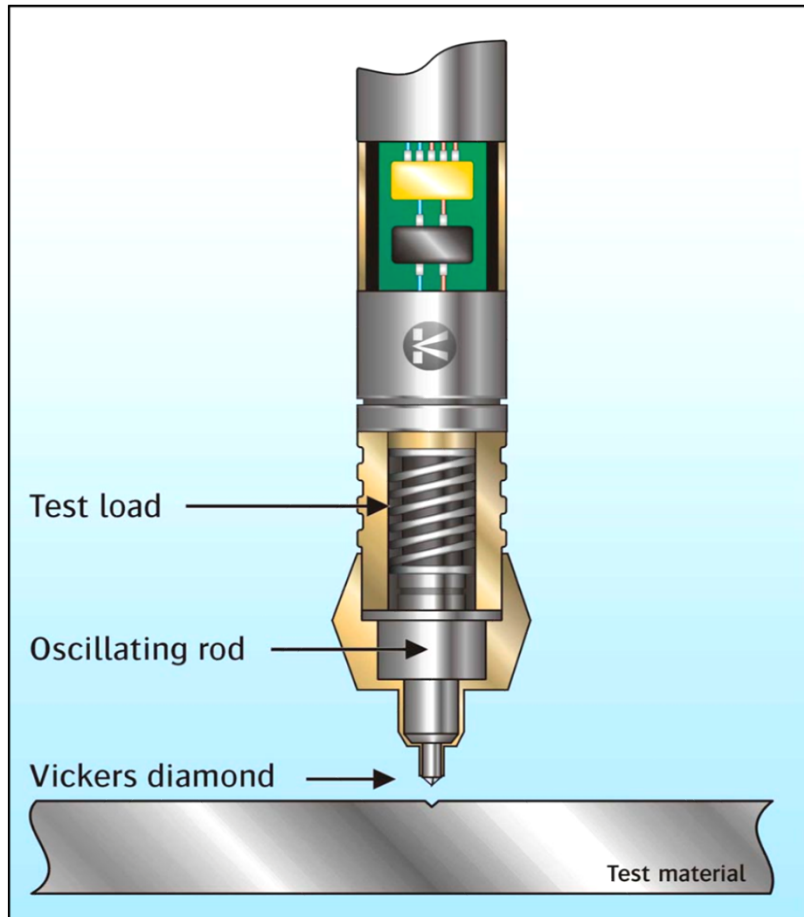
USN 60



DETECÇÃO DA DESCONTINUIDADE – APRESENTAÇÃO A-SCAN



MEDIDA DE DUREZA POR IMPEDÂNCIA ULTRASSÔNICA DE CONTATO (UCI)



Quanto maior for a penetração , maior será o acréscimo de “molas atômicas “ e consequentemente , maior o acréscimo na frequência de oscilação do disco.

EQUIPAMENTOS

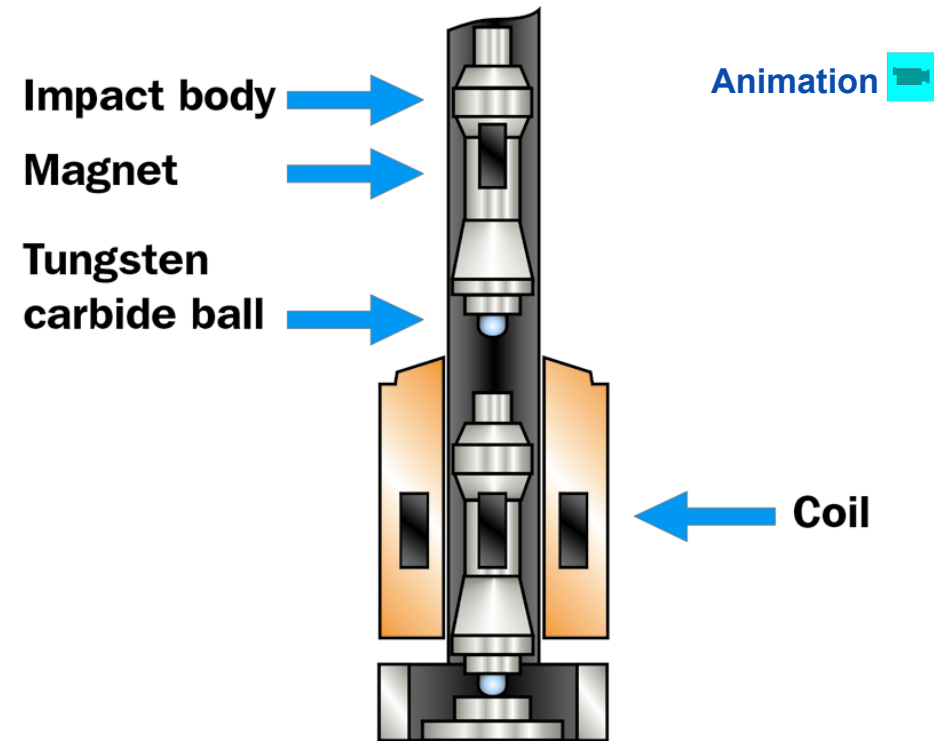
MIC 10



MIC 20



Princípio do rebote: diferença de energia potencial



**Cross-cut of a typical
impact device**

EQUIPAMENTOS

DynaPOCKET



DynaMIC



MIC 20

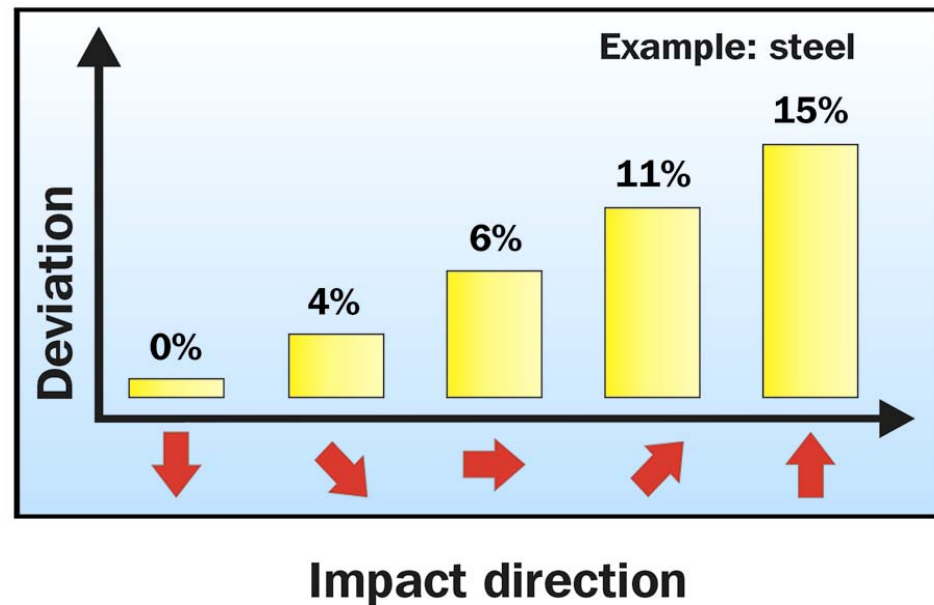


APLICAÇÃO



Influence Of Impact Direction

- Measurement is strongly influenced by the impact direction
- $\Rightarrow$ Correction necessary for conventional rebound instruments



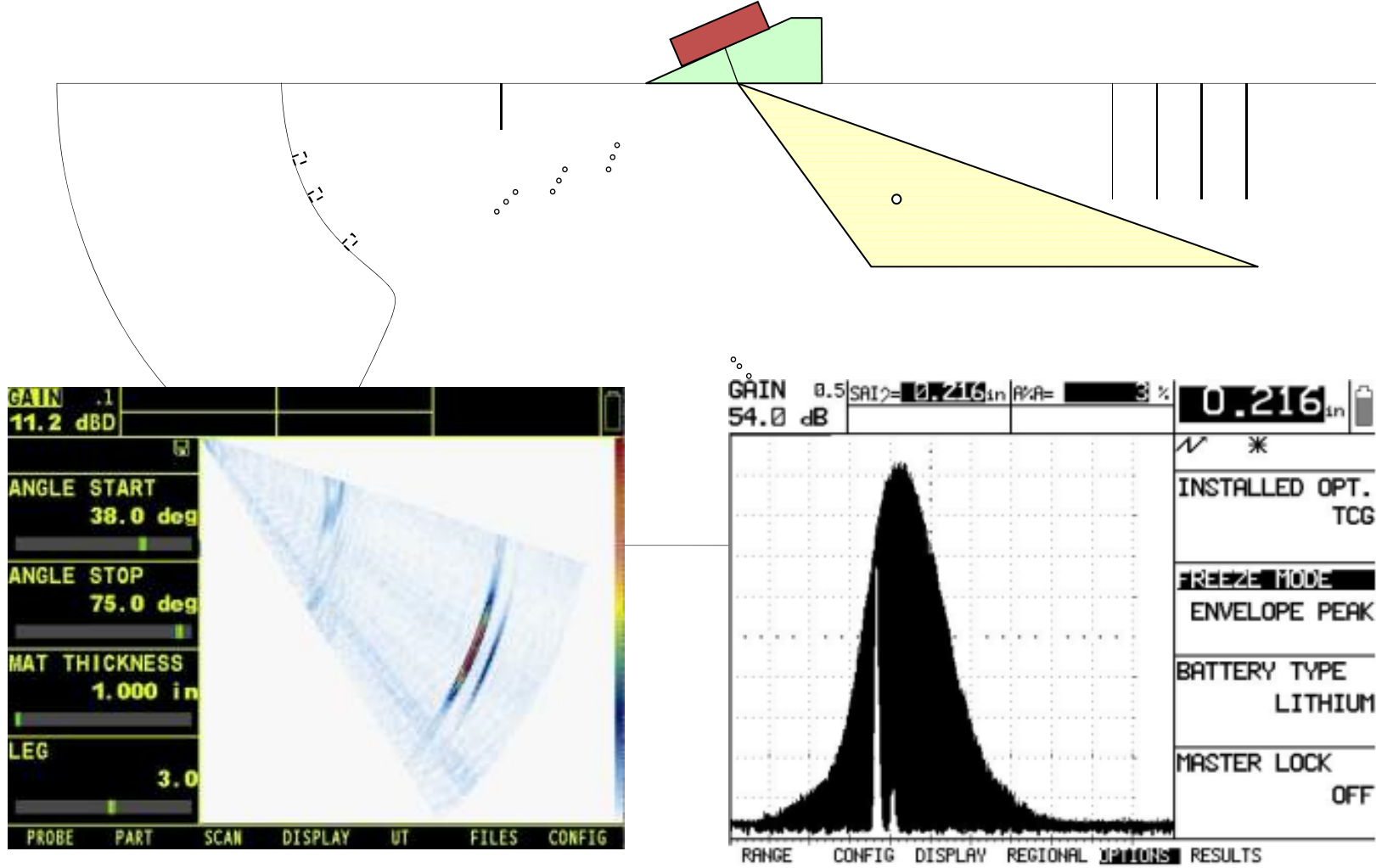
DynaMIC / DynaPOCKET / MIC 20: Patented Auto-Balancing

MEDIDORES DE ESPESSURA POR ULTRASSOM

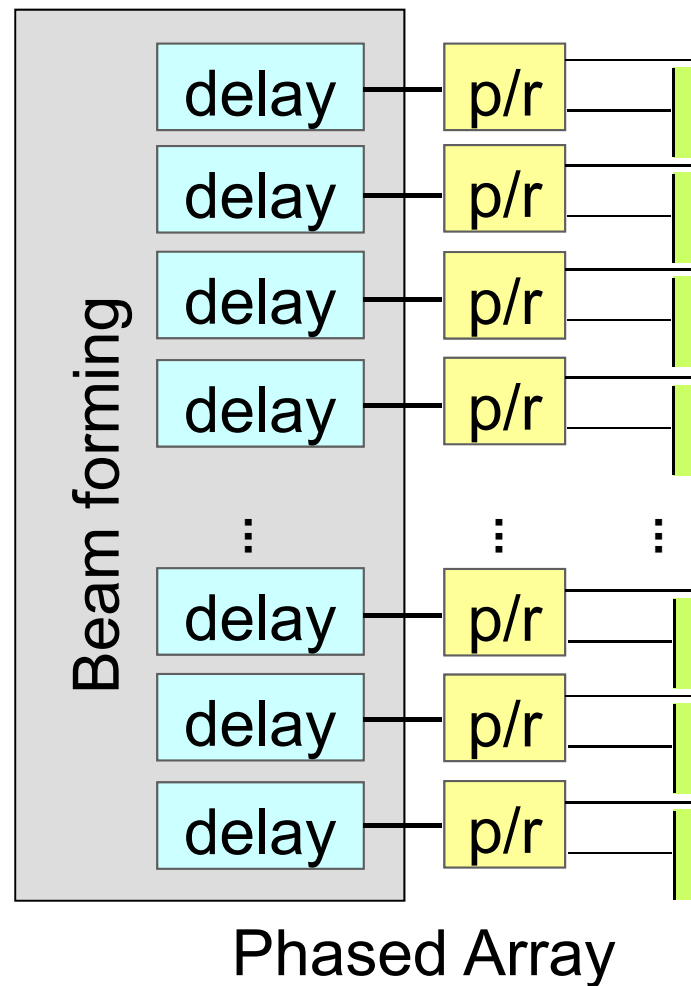


PHASED ARRAY: “IMAGEM SÔNICA”

TRANSDUTOR



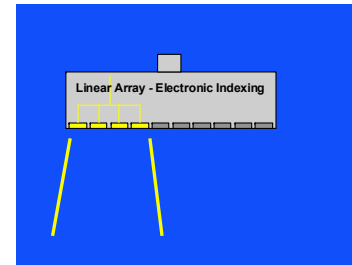
**PHASED ARRAY: UM CABEÇOTE COM VÁRIOS CRISTAIS
TRANSDUTORES EXCITADOS EM DIFERENTES MOMENTOS**



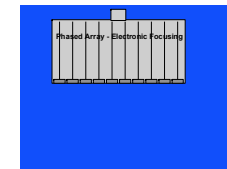
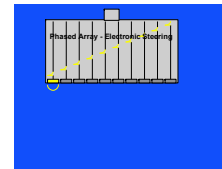
Array Basics

- A Linear Array can provide the coverage of many single probes by electronically indexing from element to element.

Mouse click on box →



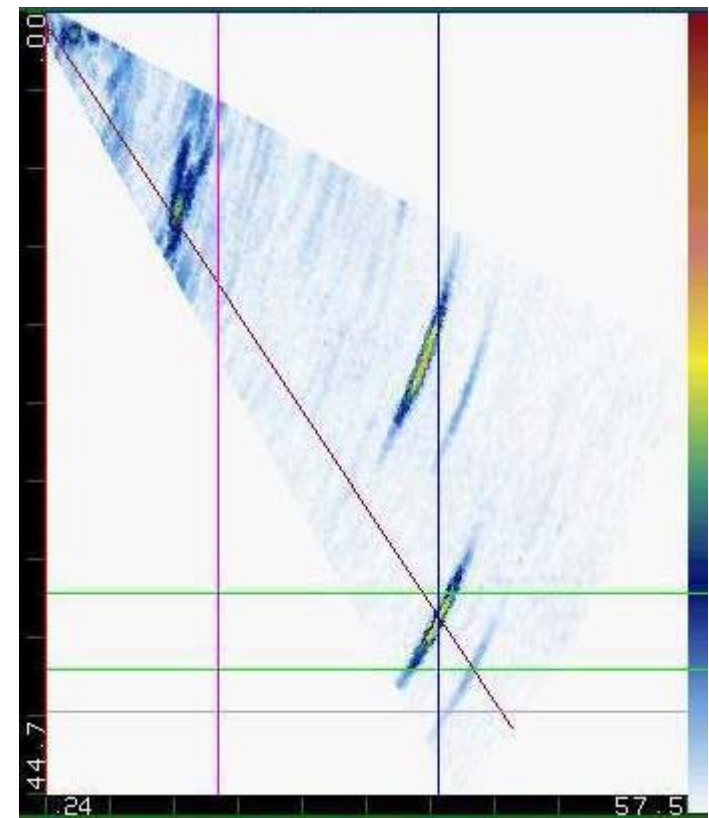
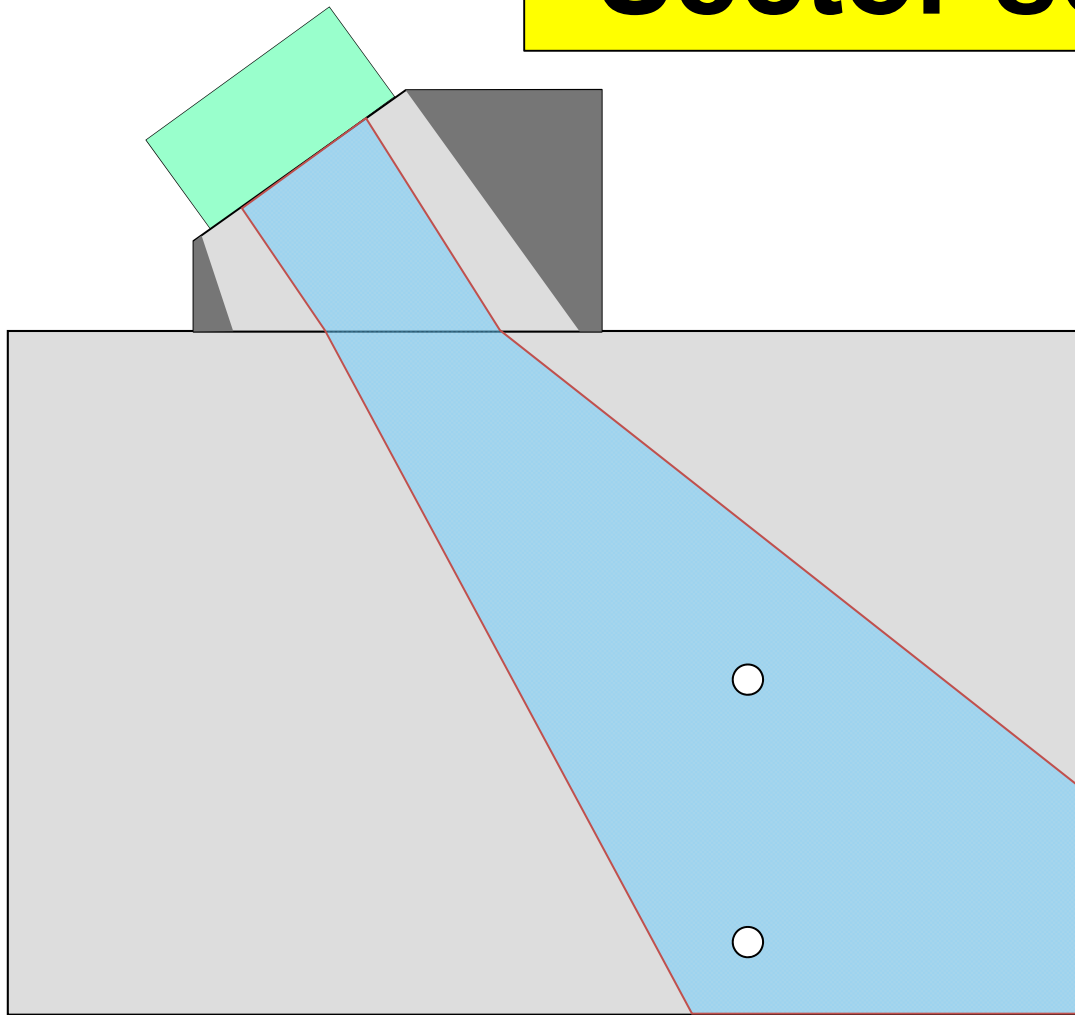
- A Phased Array can provide the coverage of many single probes by electronically indexing AND steering the sound beam.



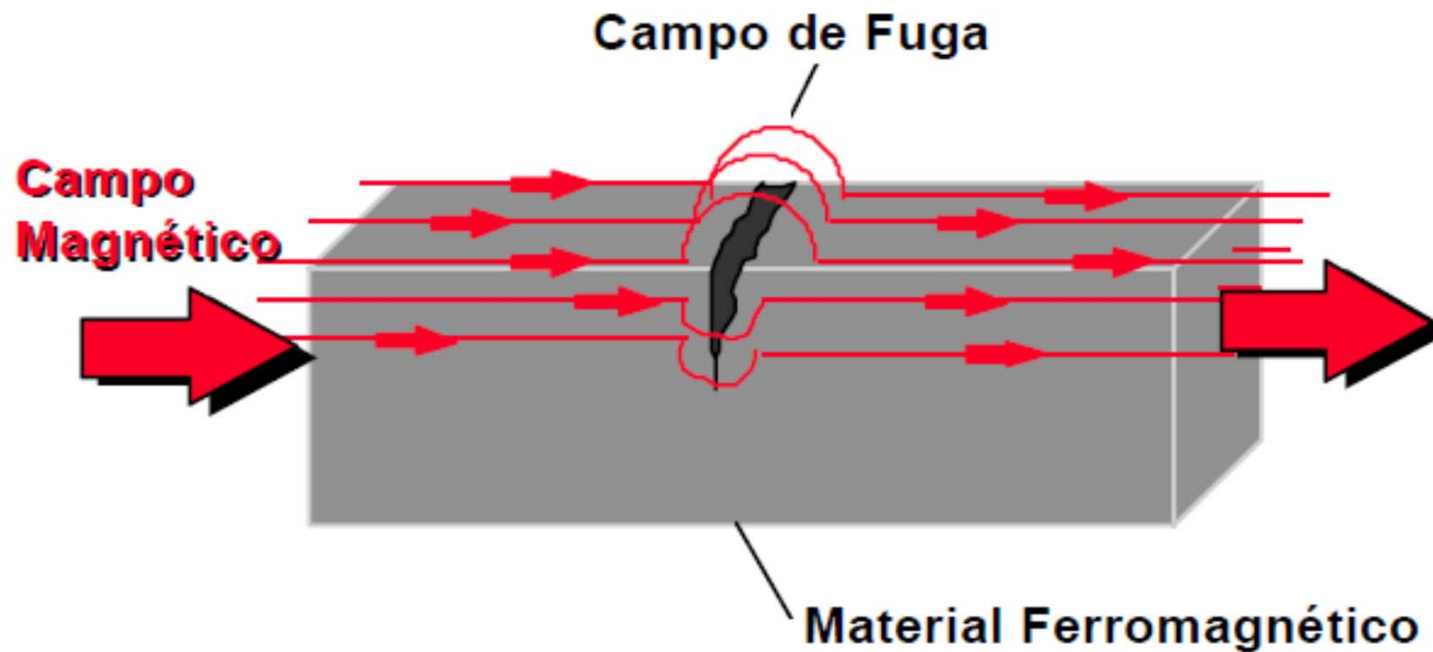
Linear to 256 elements



Sector scan

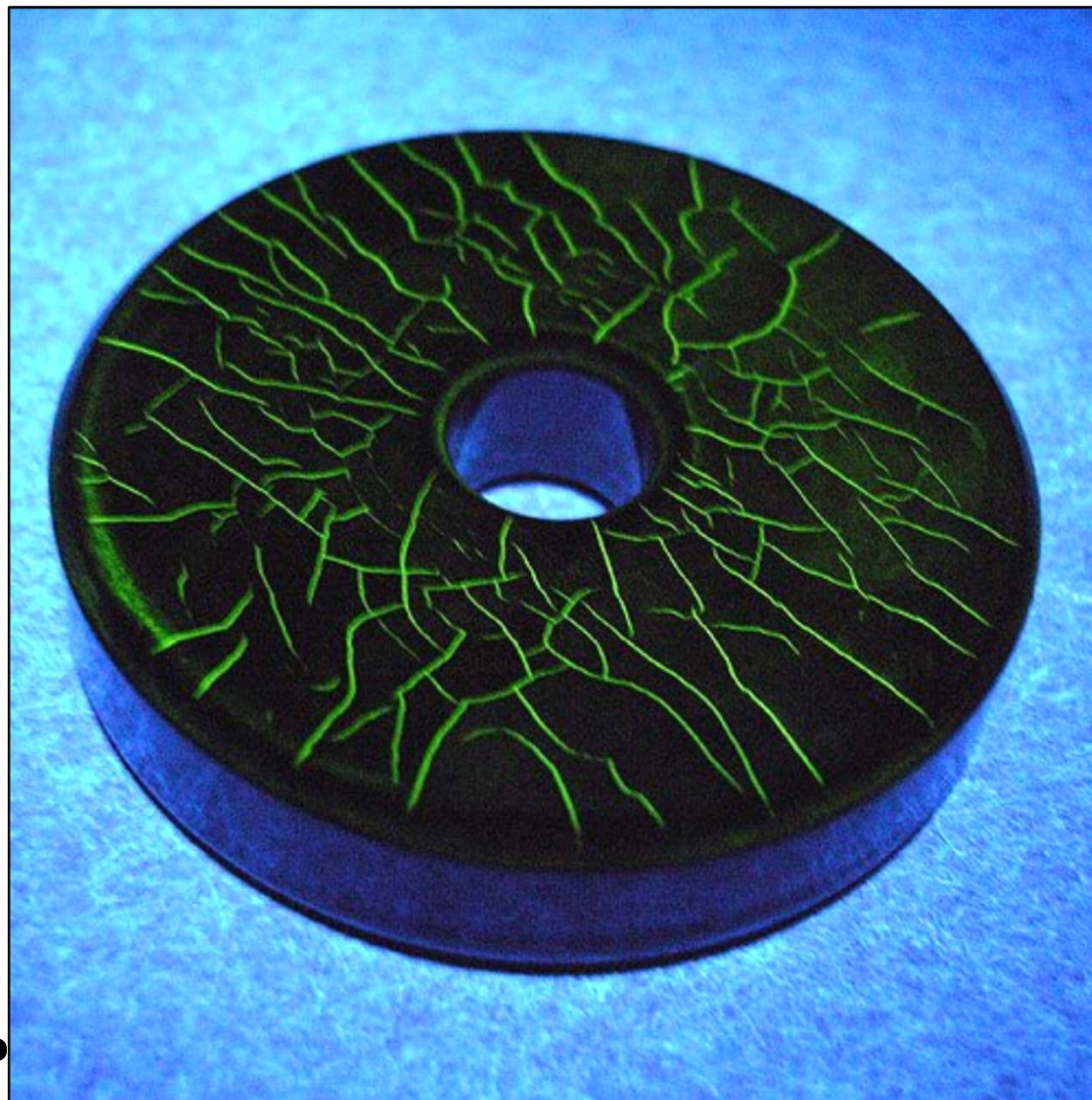


PARTÍCULAS MAGNÉTICAS “MAGNAFLUX”



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

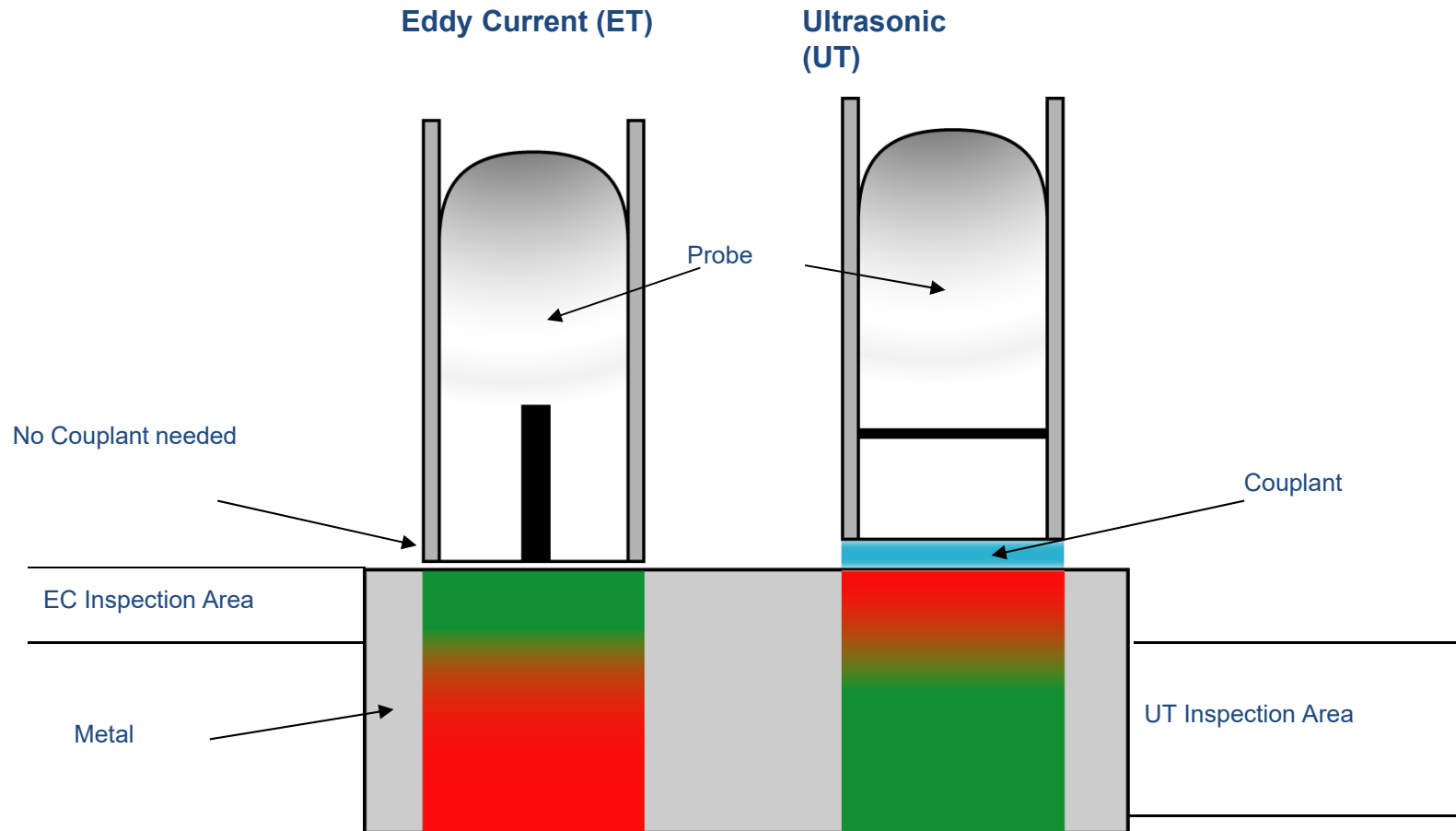
PARTÍCULAS MAGNÉTICAS FLUORESCENTE



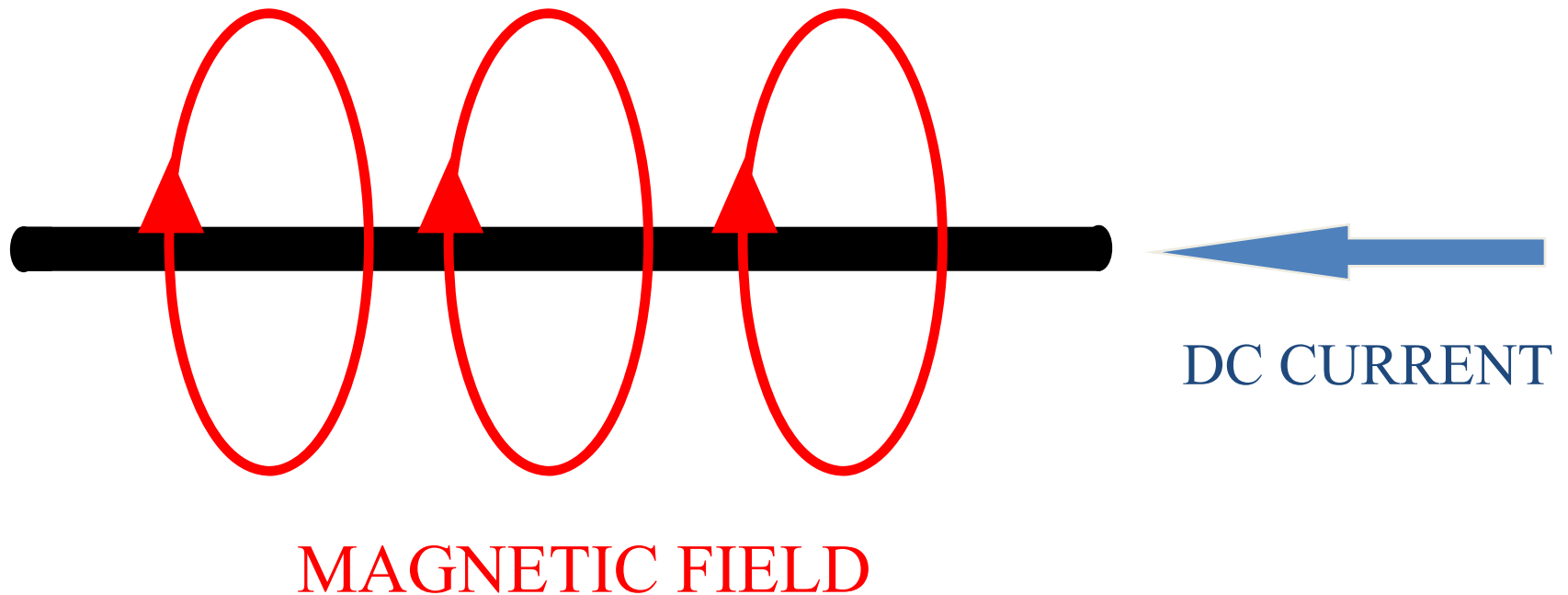
P

ert

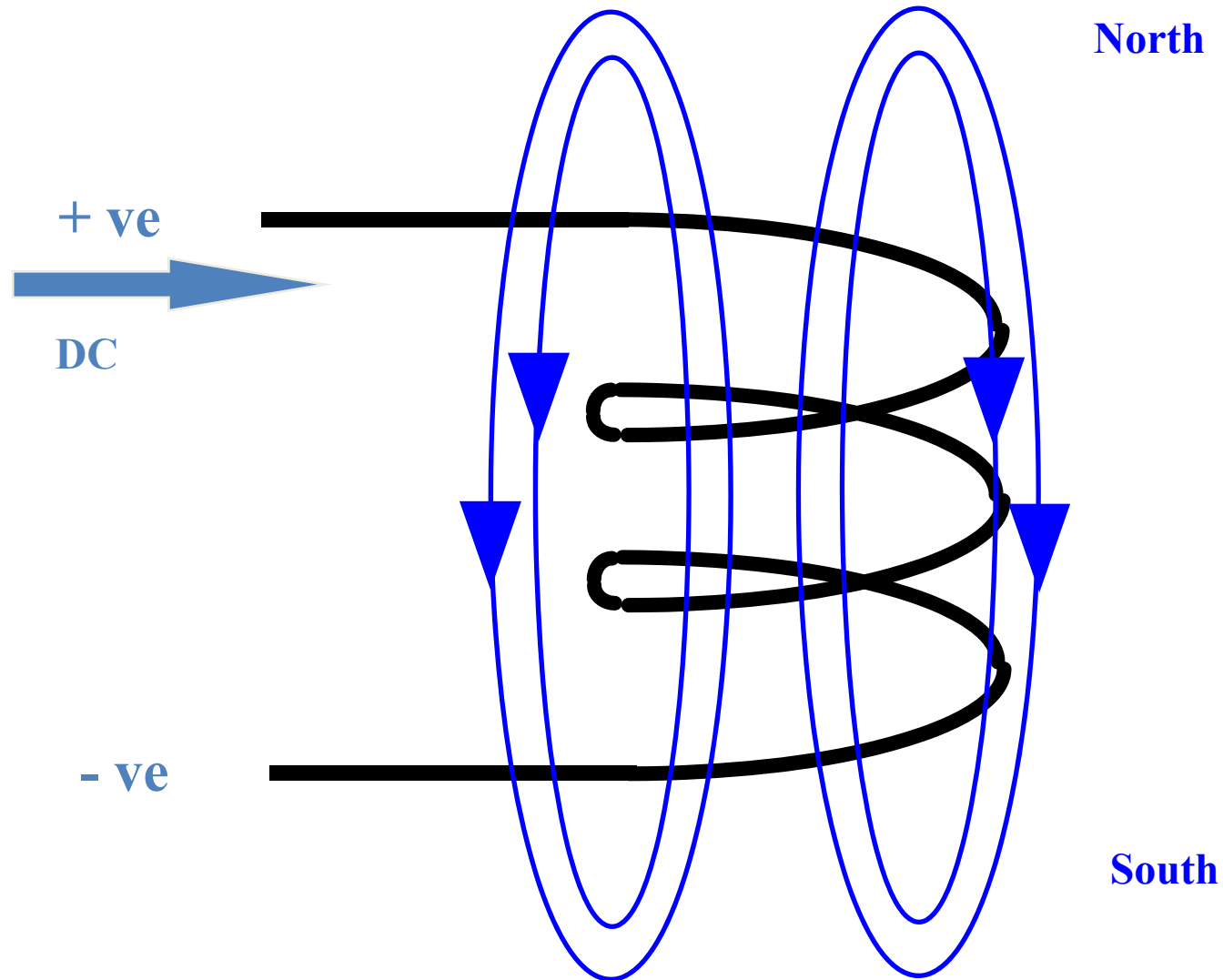
CORRENTES PARASITAS-EDDY CURRENT



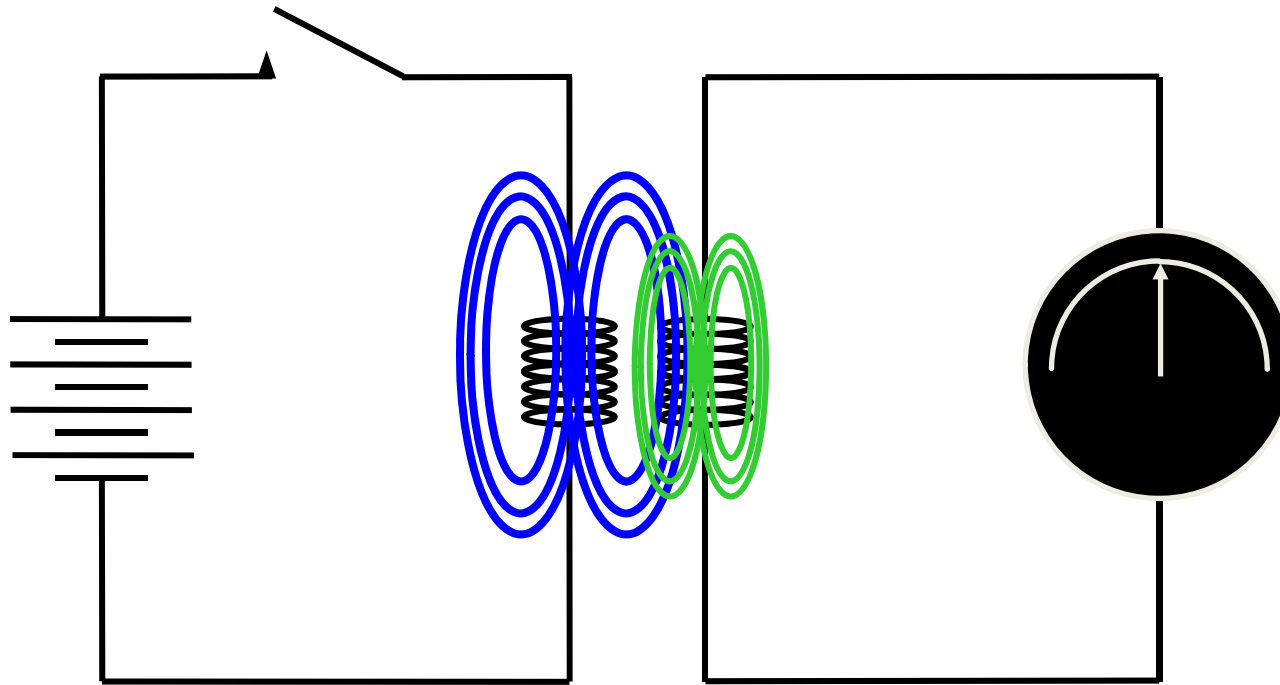
Magnetic Effect of an Electrical Current



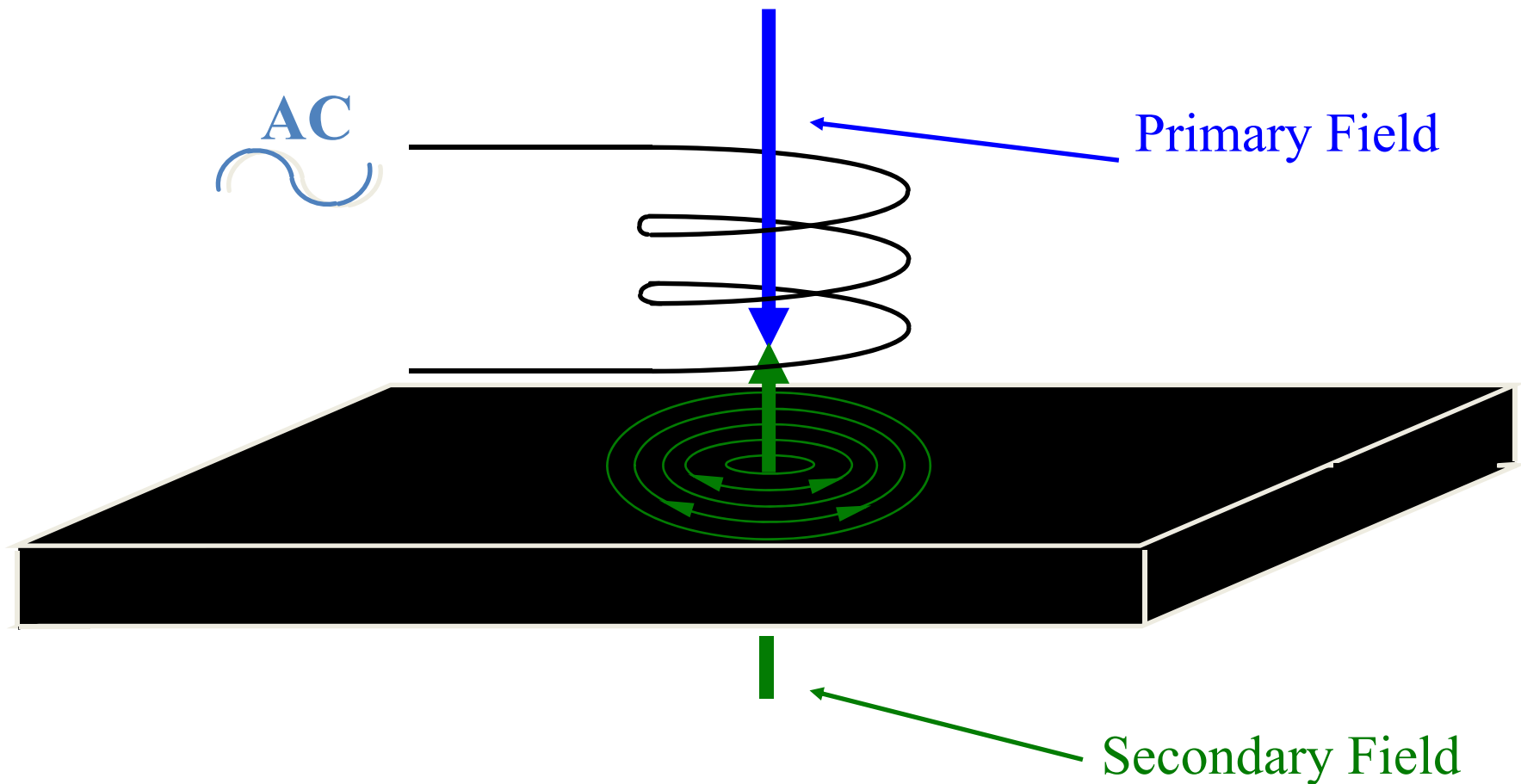
Magnetic Field of a Coil



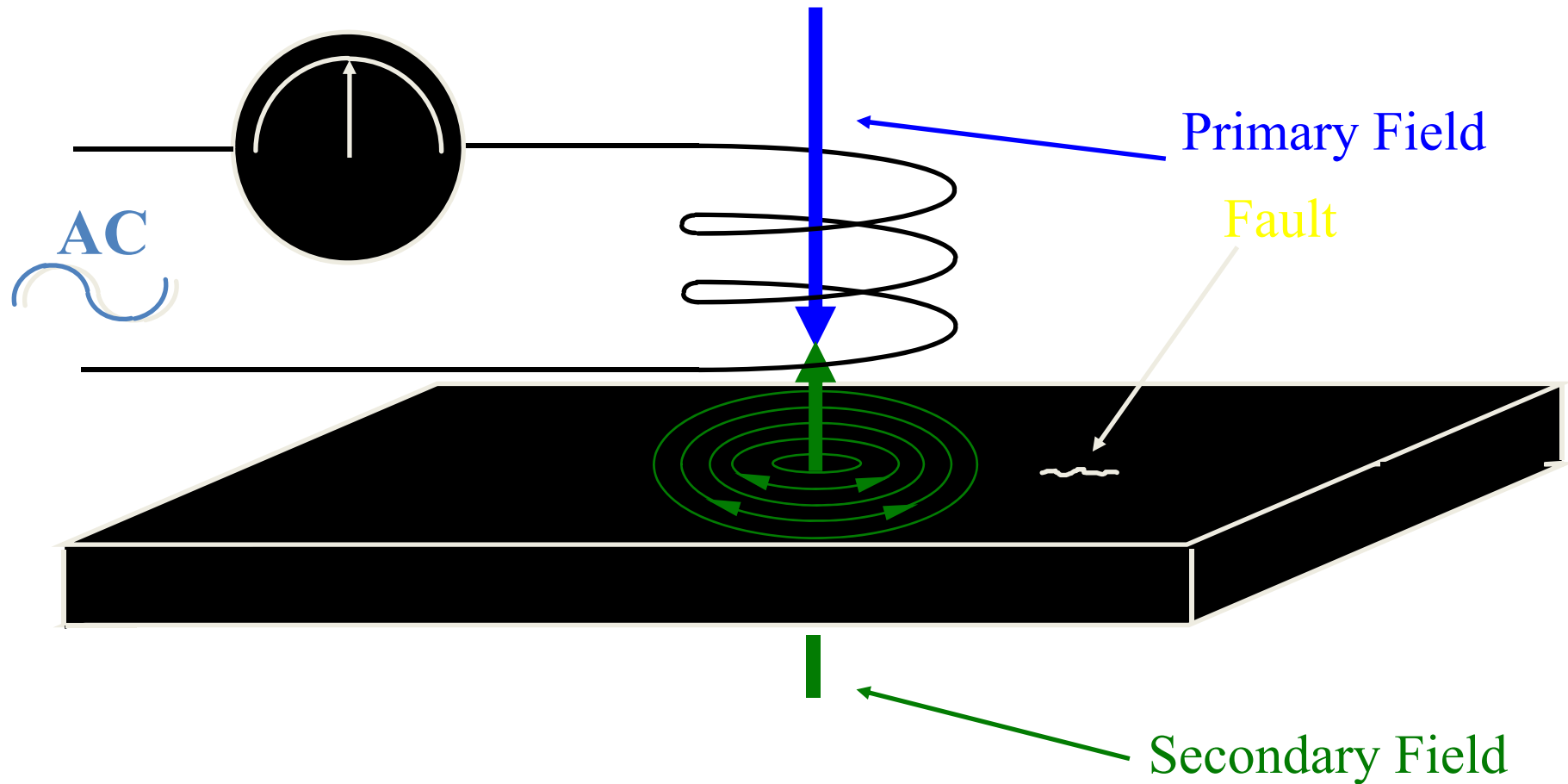
Faraday's Experiment



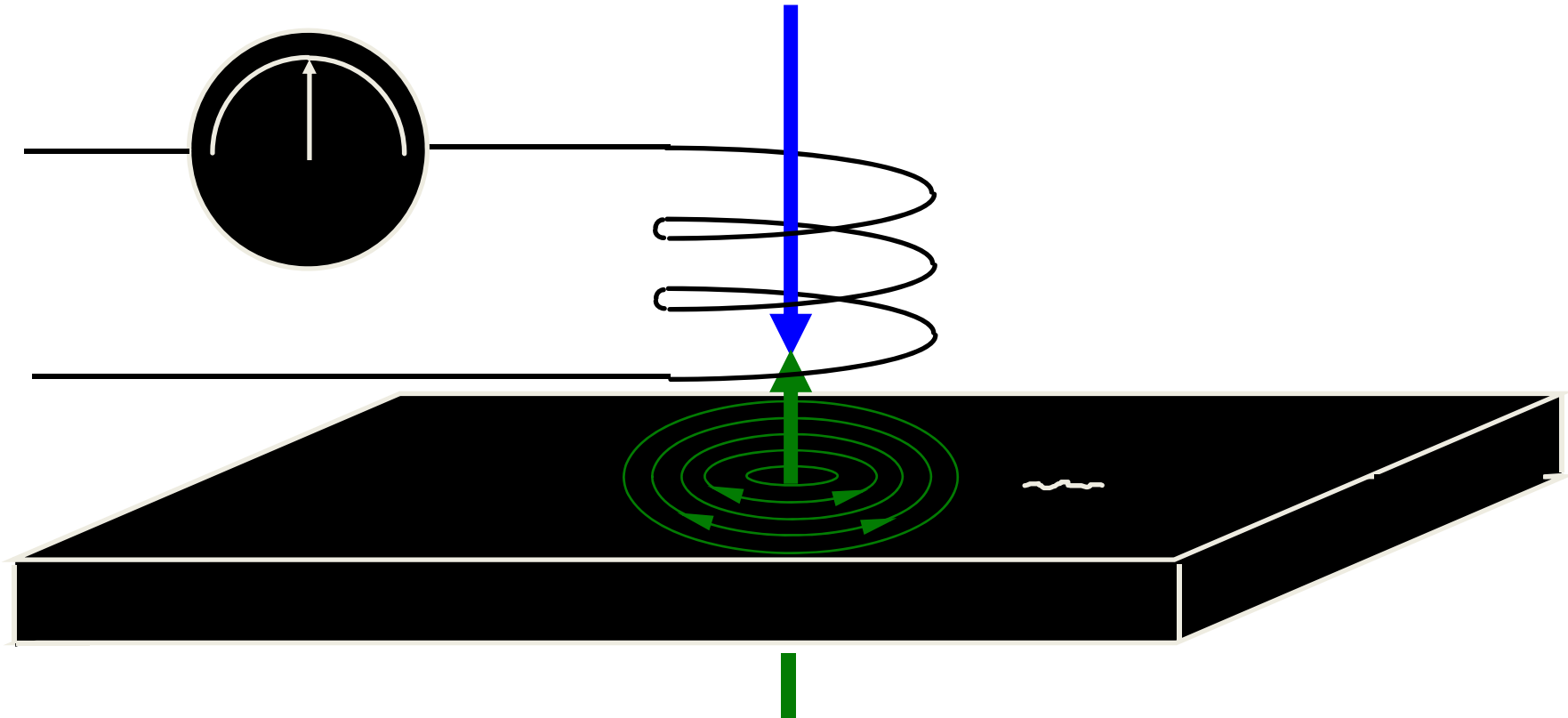
How Eddy Currents are Induced



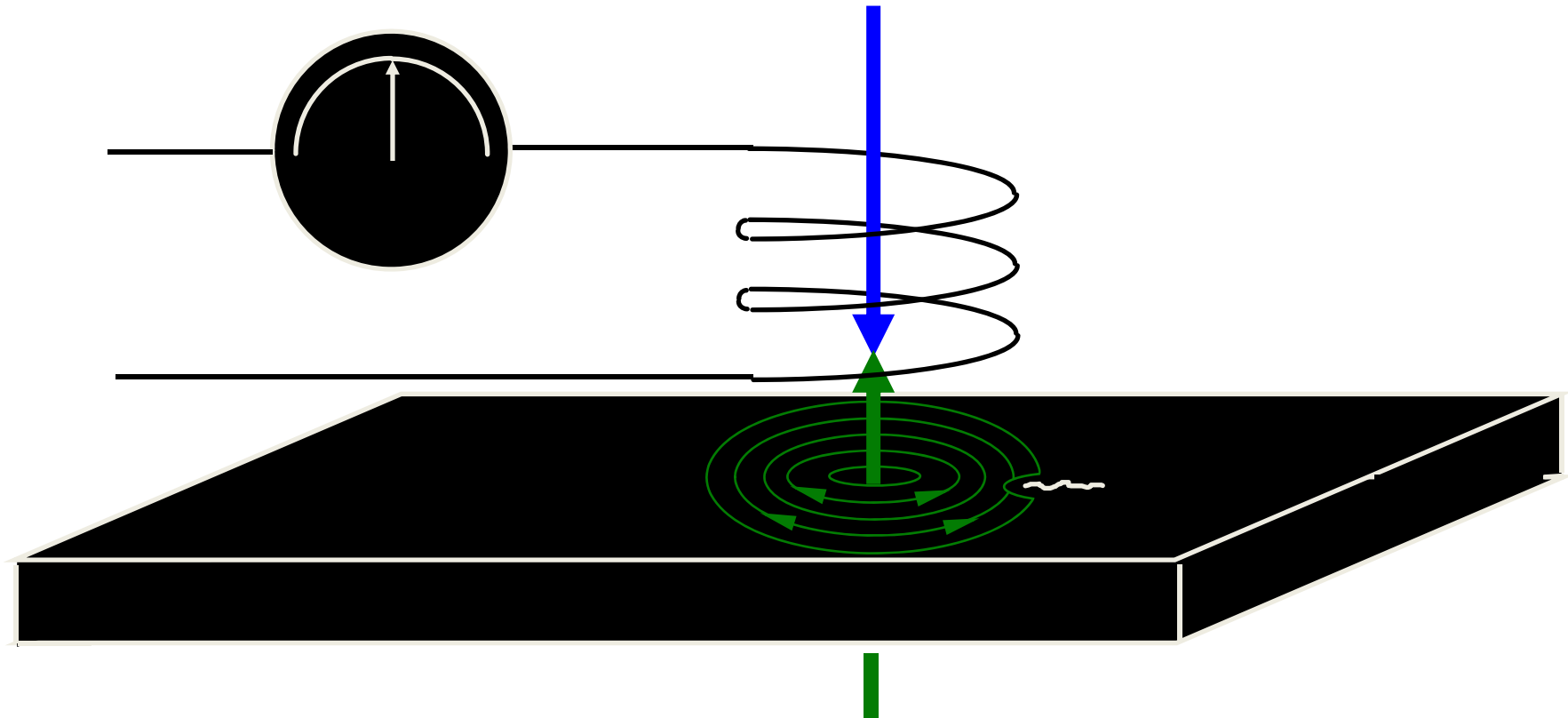
Eddy Current Flaw Detection :-



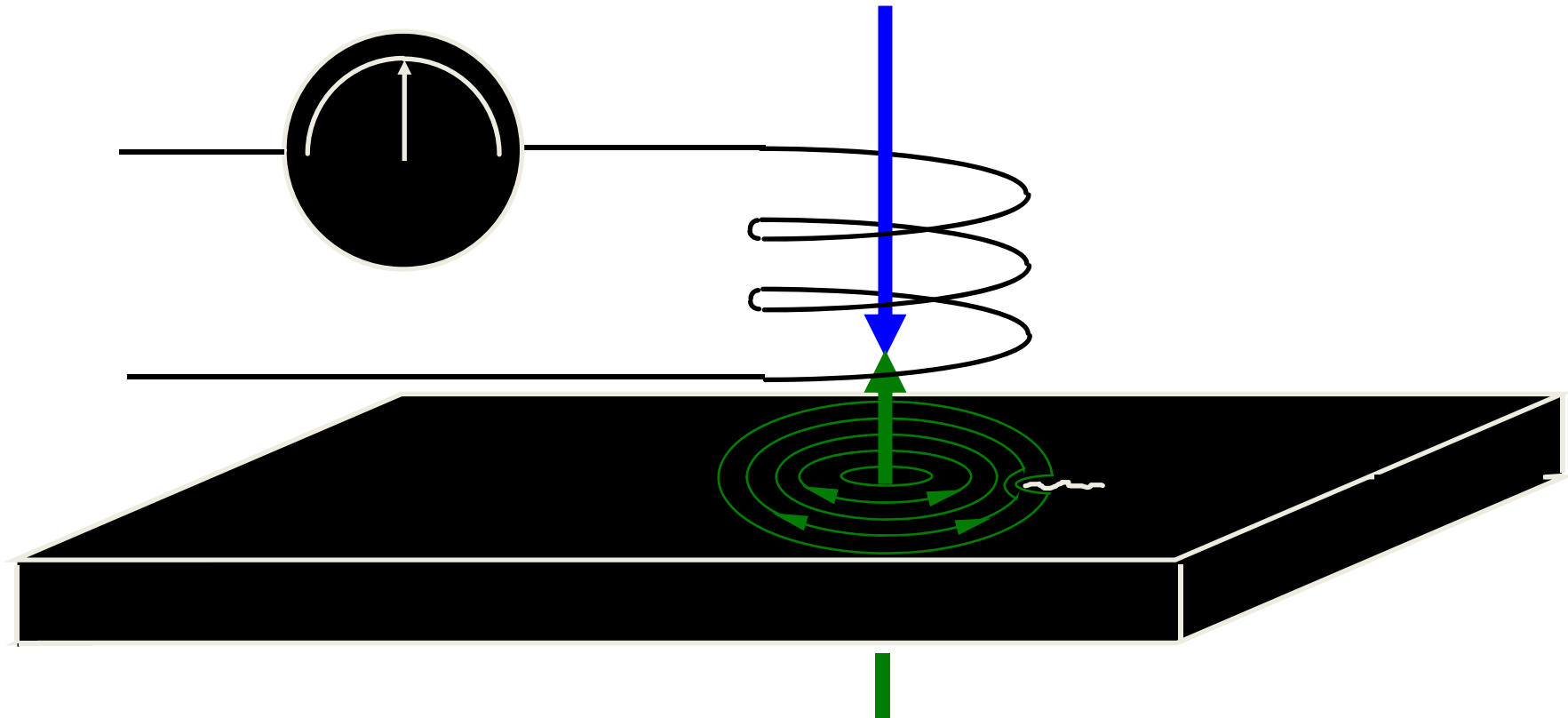
Eddy Current Flaw Detection :-



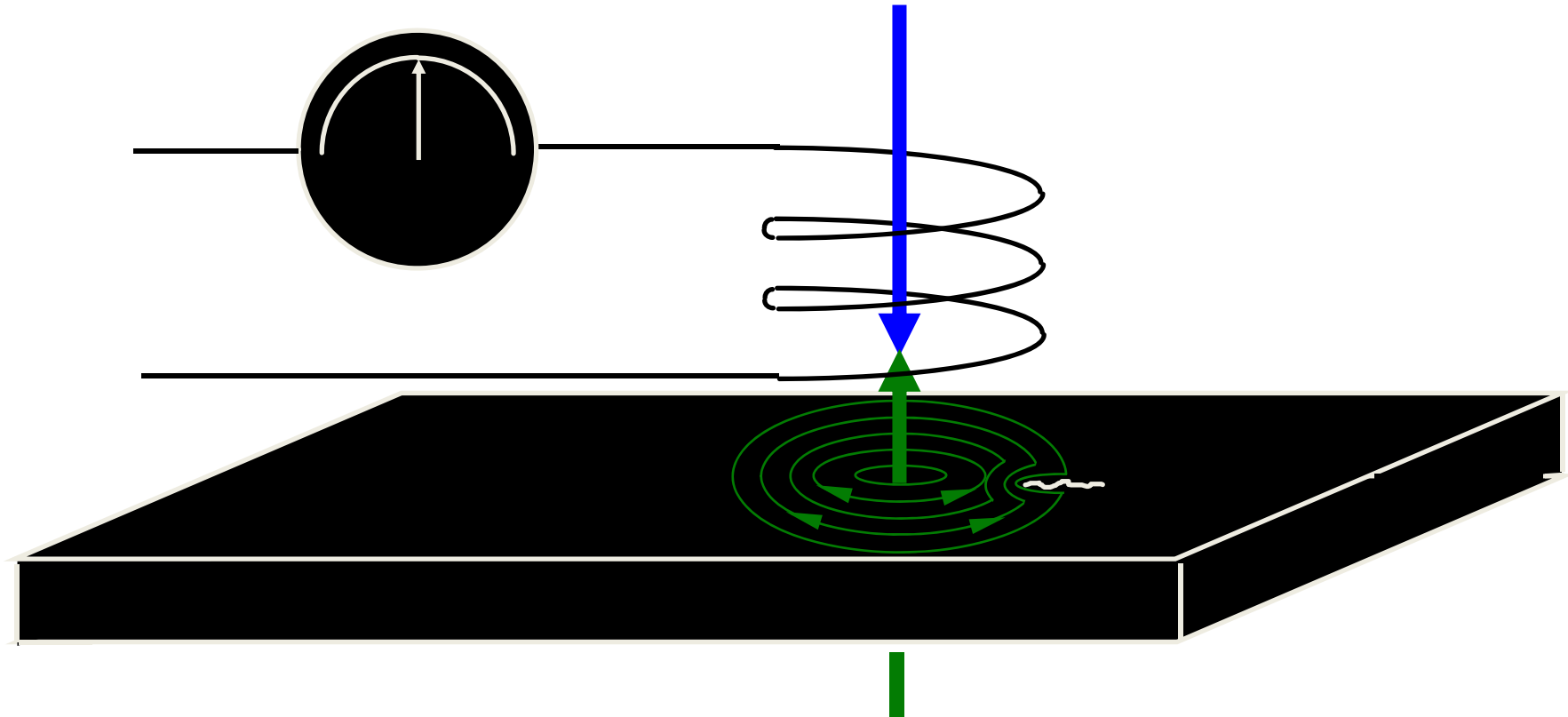
Eddy Current Flaw Detection :-



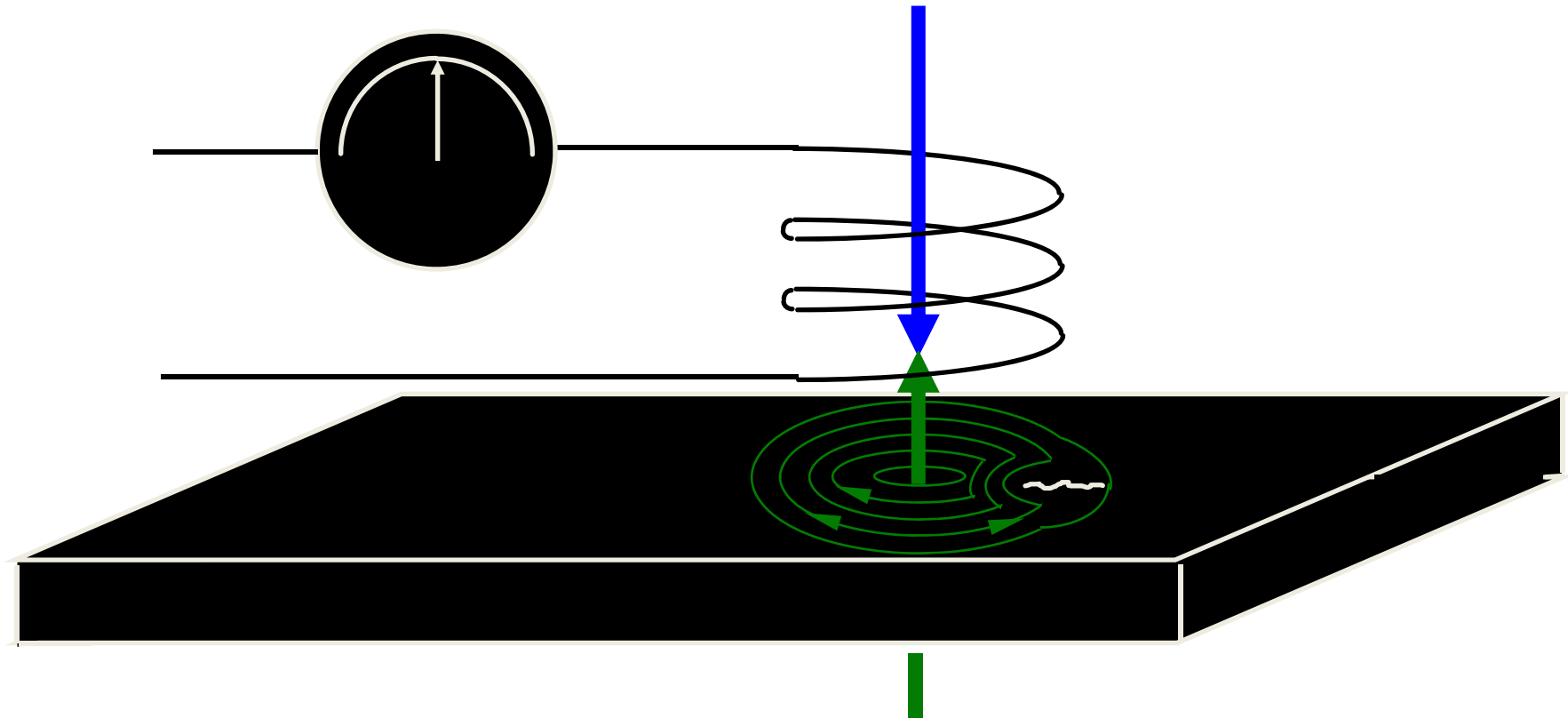
Eddy Current Flaw Detection :-



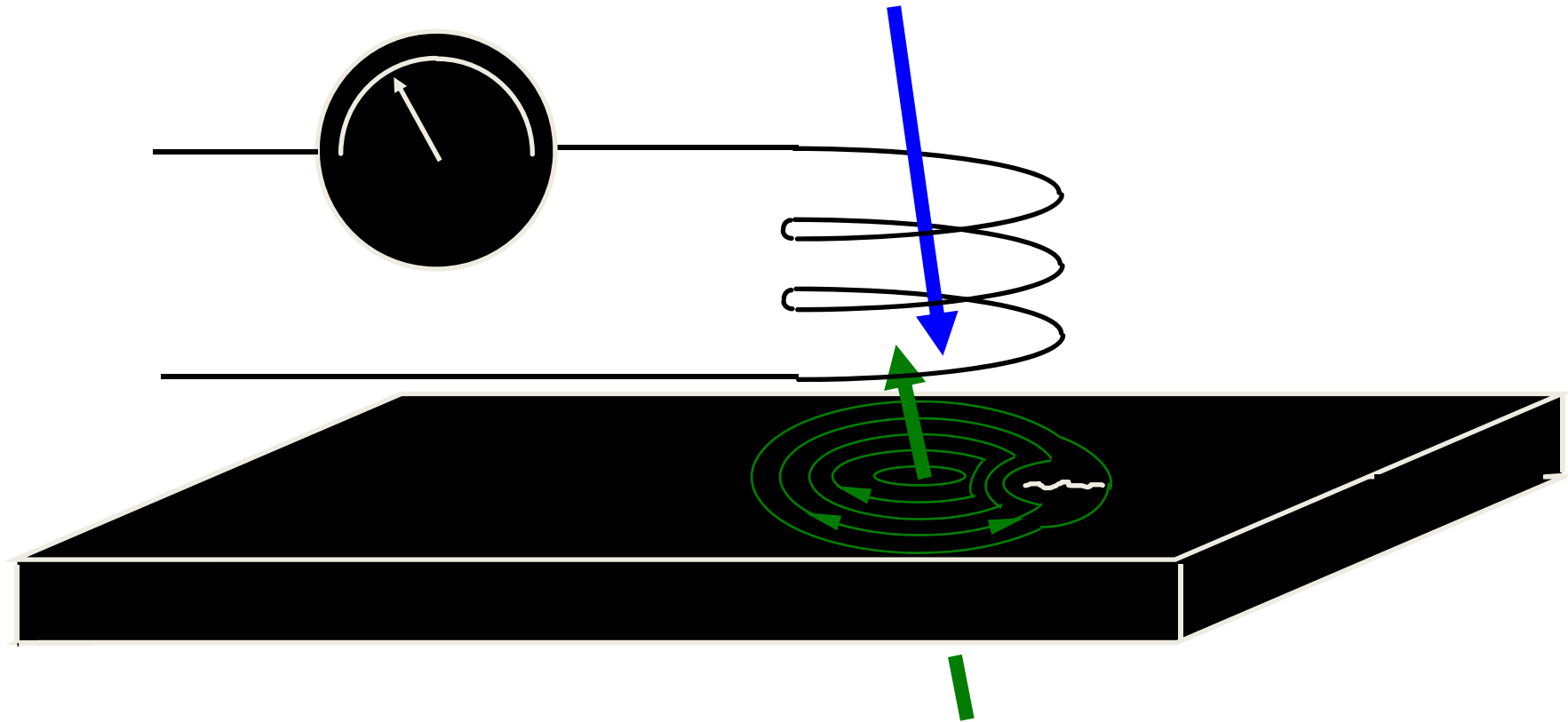
Eddy Current Flaw Detection :-



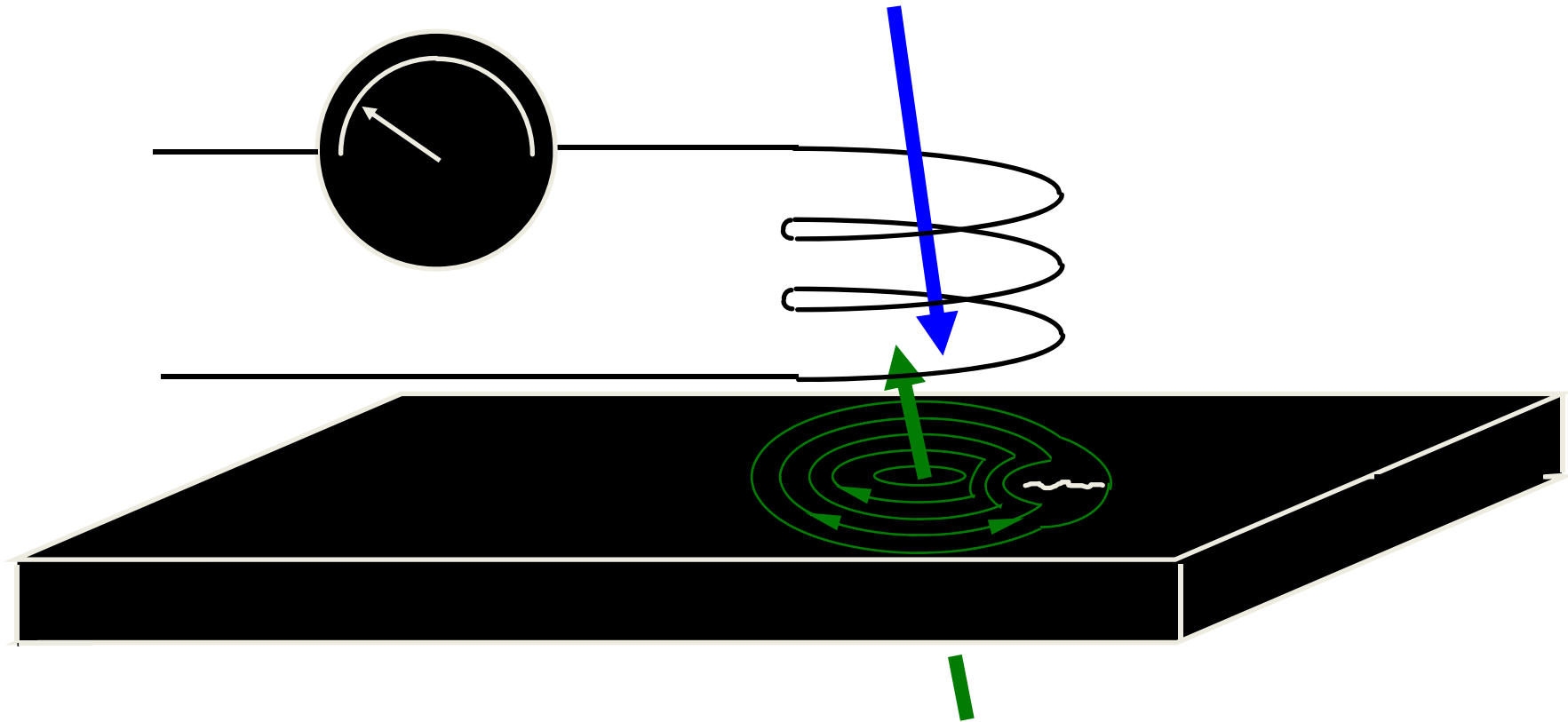
Eddy Current Flaw Detection :-



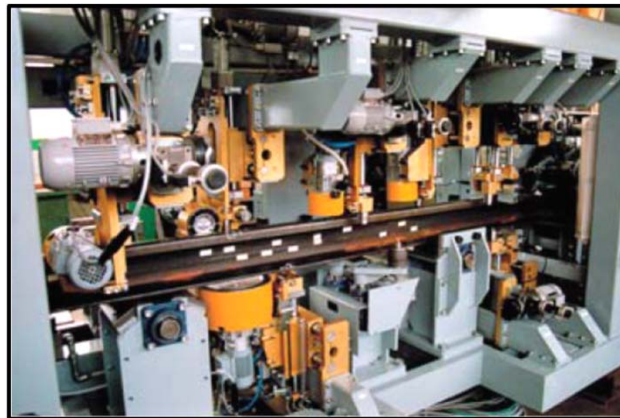
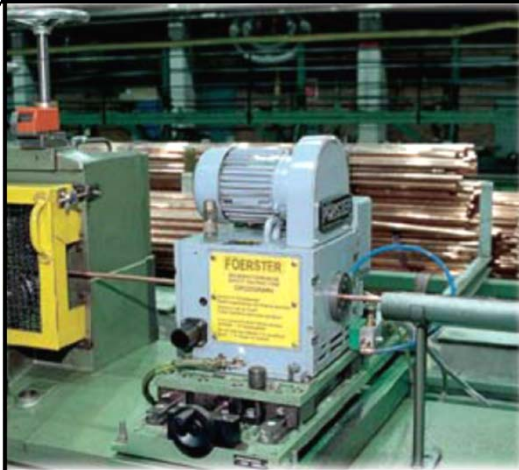
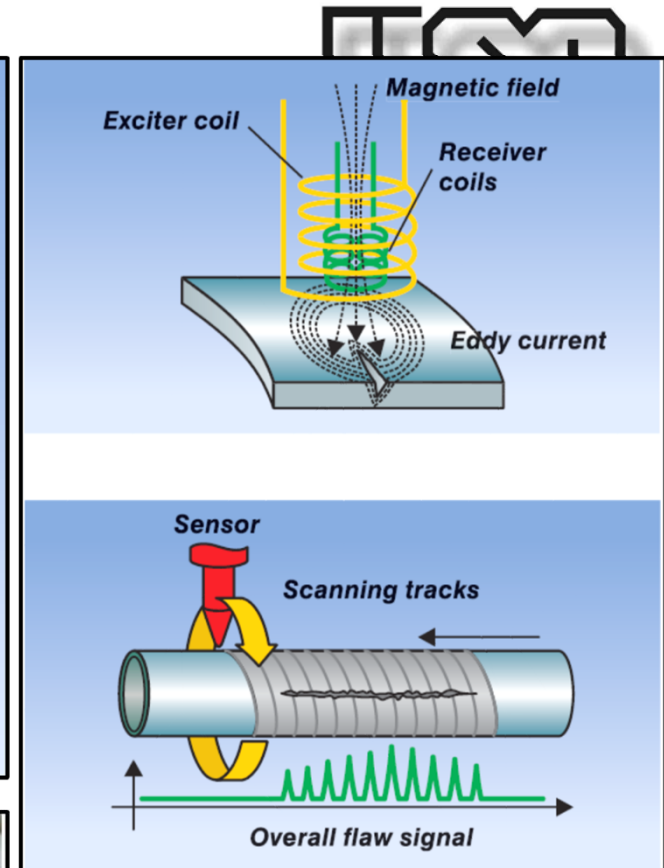
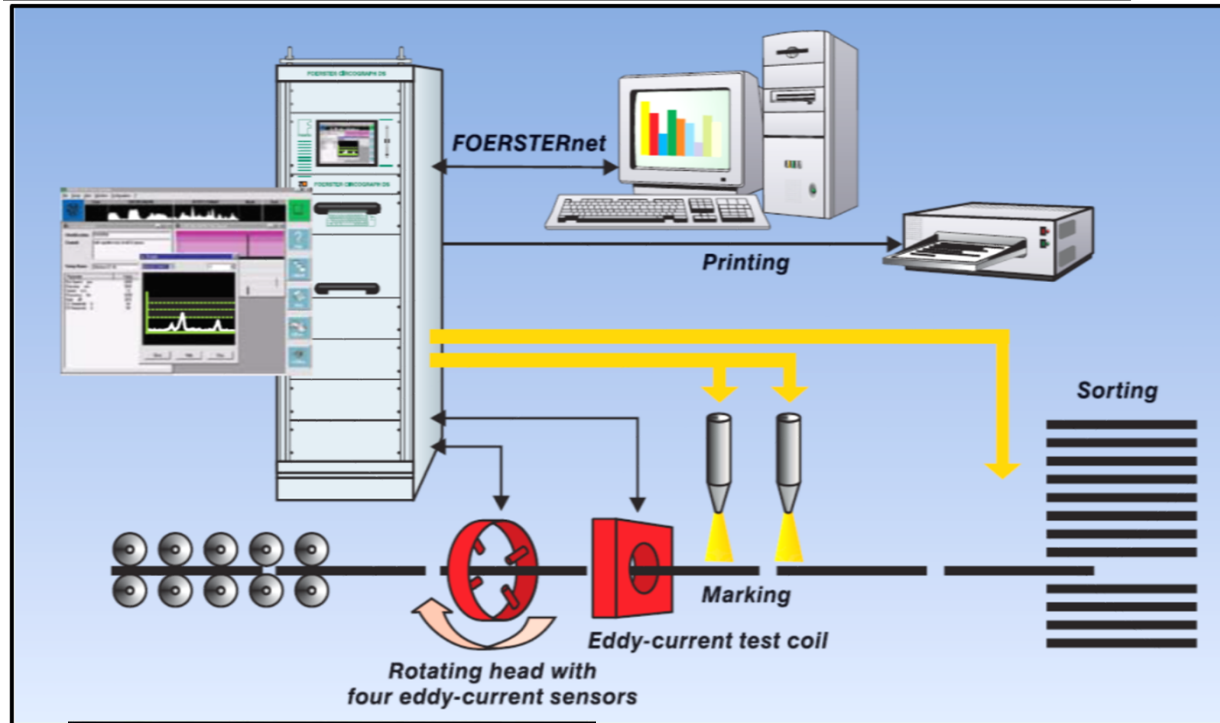
Eddy Current Flaw Detection :-



Eddy Current Flaw Detection :-



LOM3084 - ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS



Circograph- Eddy current

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

INSPEÇÃO VISUAL REMOTA



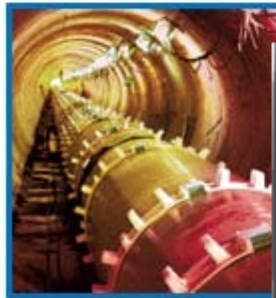
VideoProbe XLG3

- Joystick controlled articulation
- Color CCD at distal end of probe
- Insertion tube watertight to 30 feet
- Integrate 2-hour battery / UPS
- Stereo defect measurement capability
- Record still images or MPEG video
- Embedded PC with ethernet connectivity
- Embedded R/W DVD , PC-card, and USB-2.0 ports

PC Operating System

- Running Standard Applications
- Browser
- Network Software
- Internet Protocol
- e-mail

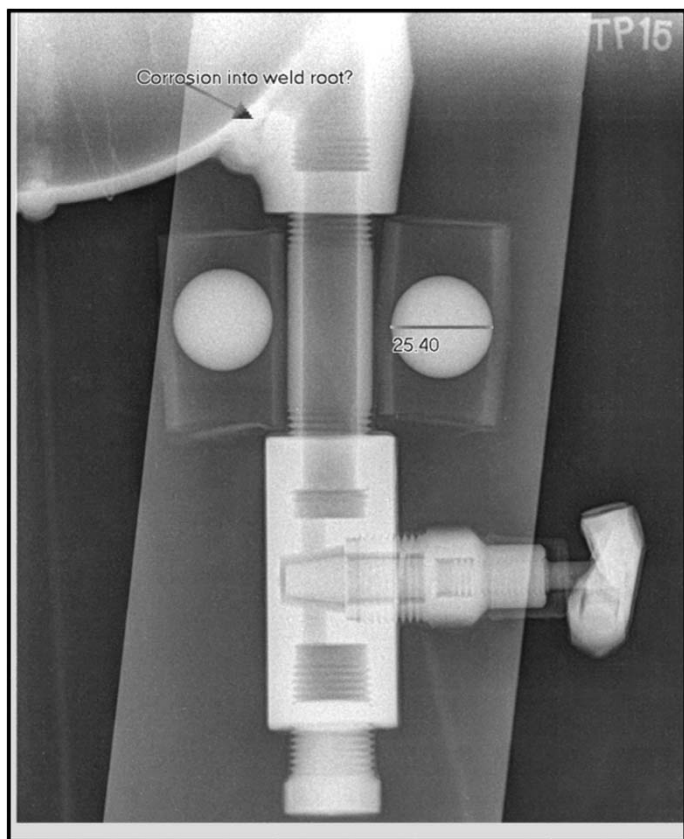




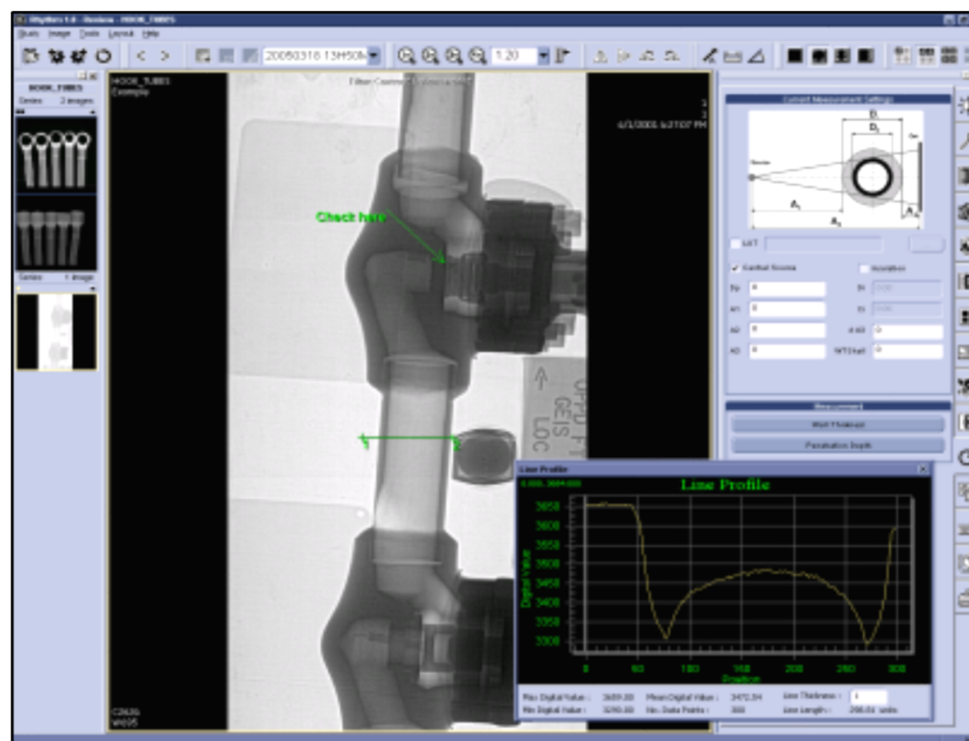
3



Figura 14 – Exemplo de medida de corrosão , utilizando técnica estéreo , na parte interna de equipamento petrolífero. Na figura vemos que o software mostra a ponta que está sendo utilizada(a) , o índice de acuracidade(b) , o índice de aumento(c) , o croquis da medida(d) que está sendo realizada , a unidade de medida(e) e as dimensões medidas(f).



RADIOGRAFIA INDUSTRIAL



Radiografia computadorizada

Storage Phosphor Scanner Systems

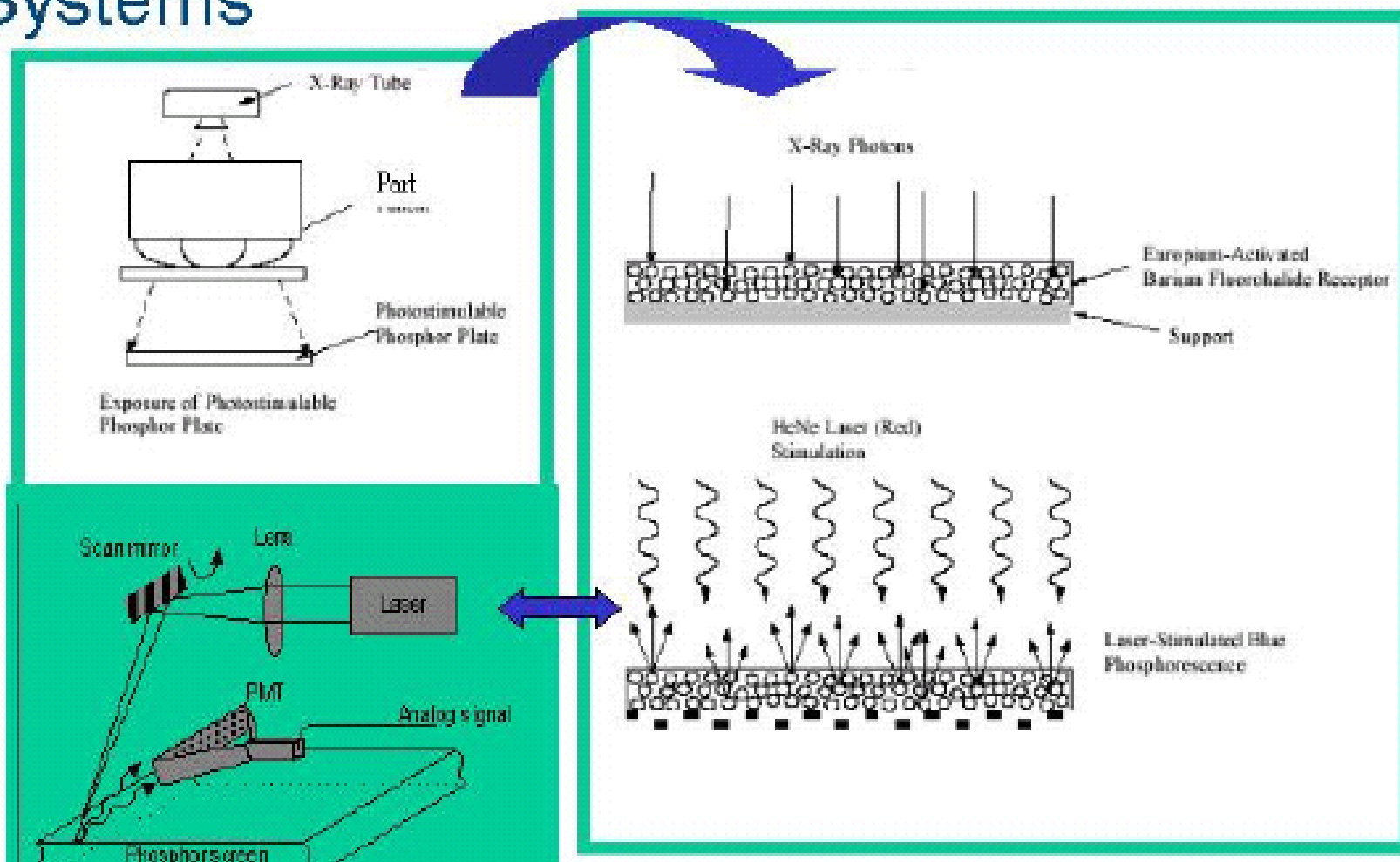
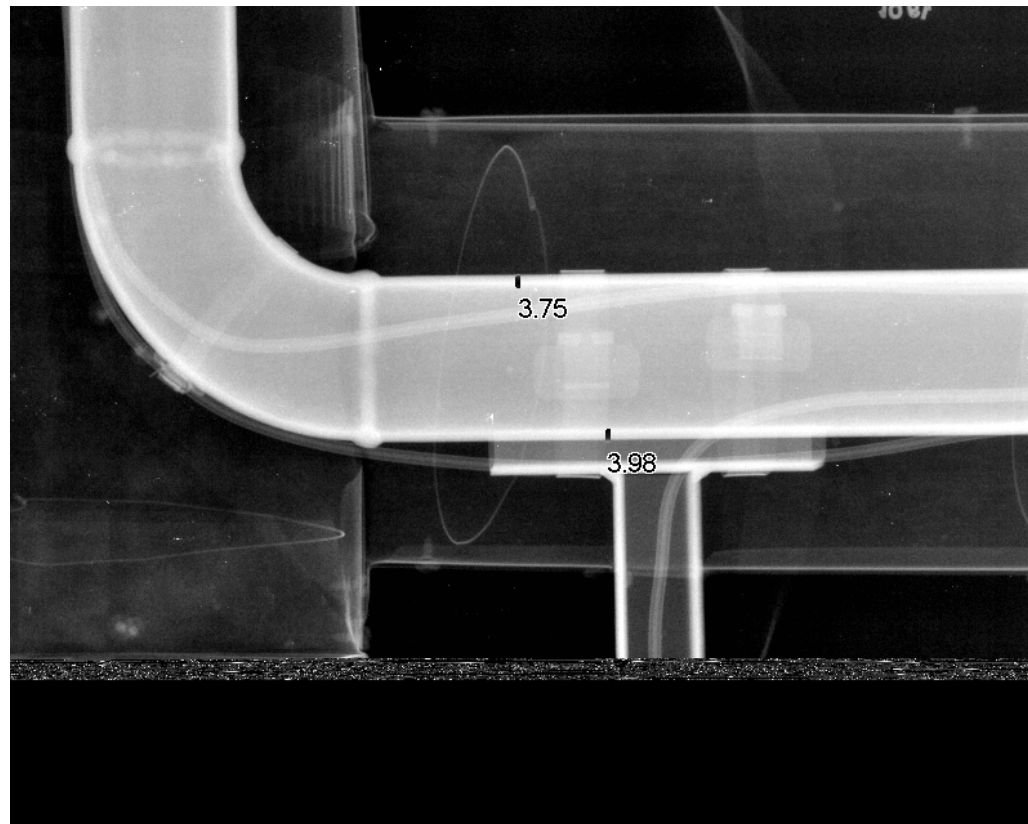
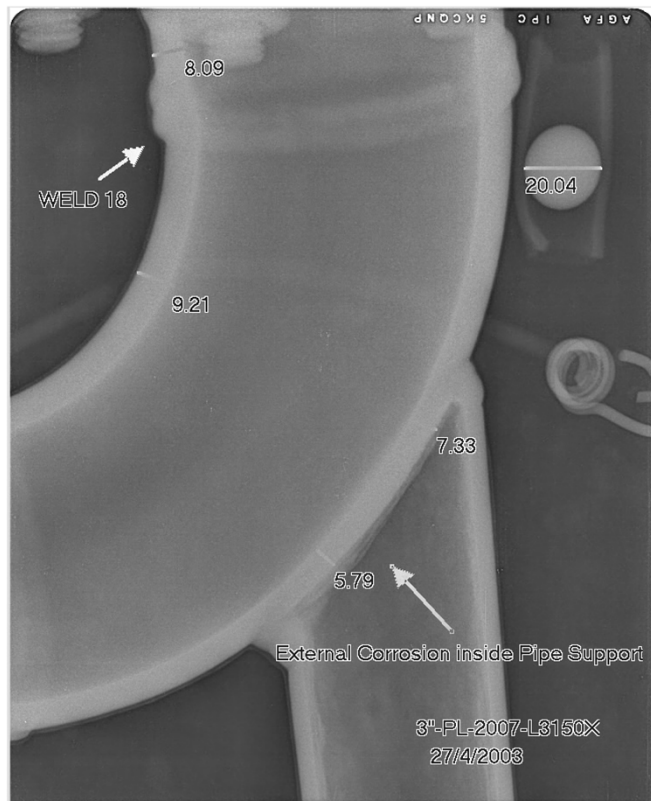
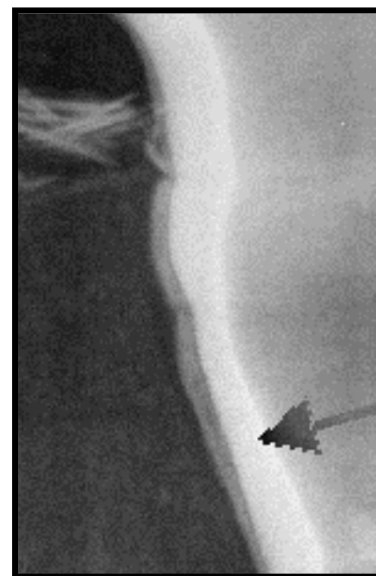
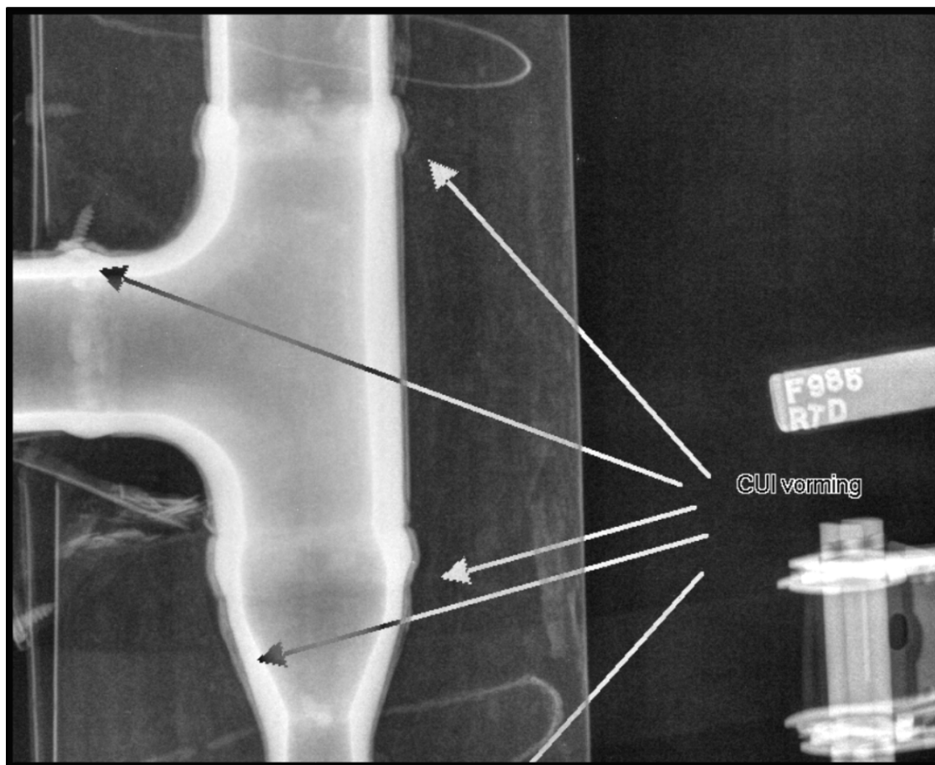


Figura 19- Fenomenologia da Radiografia Computadorizada.

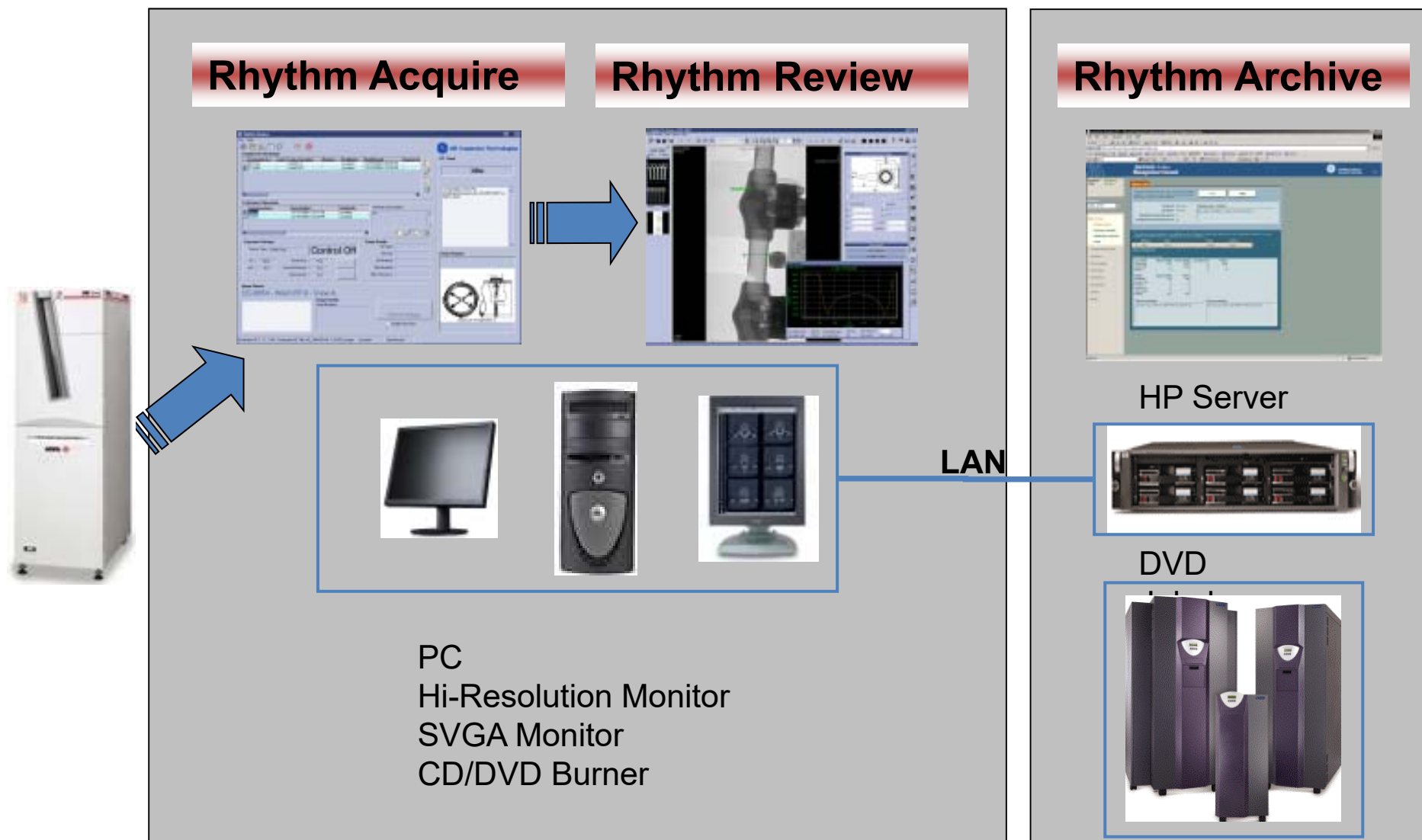
Dimensionamento de corrosão interna em dutos.



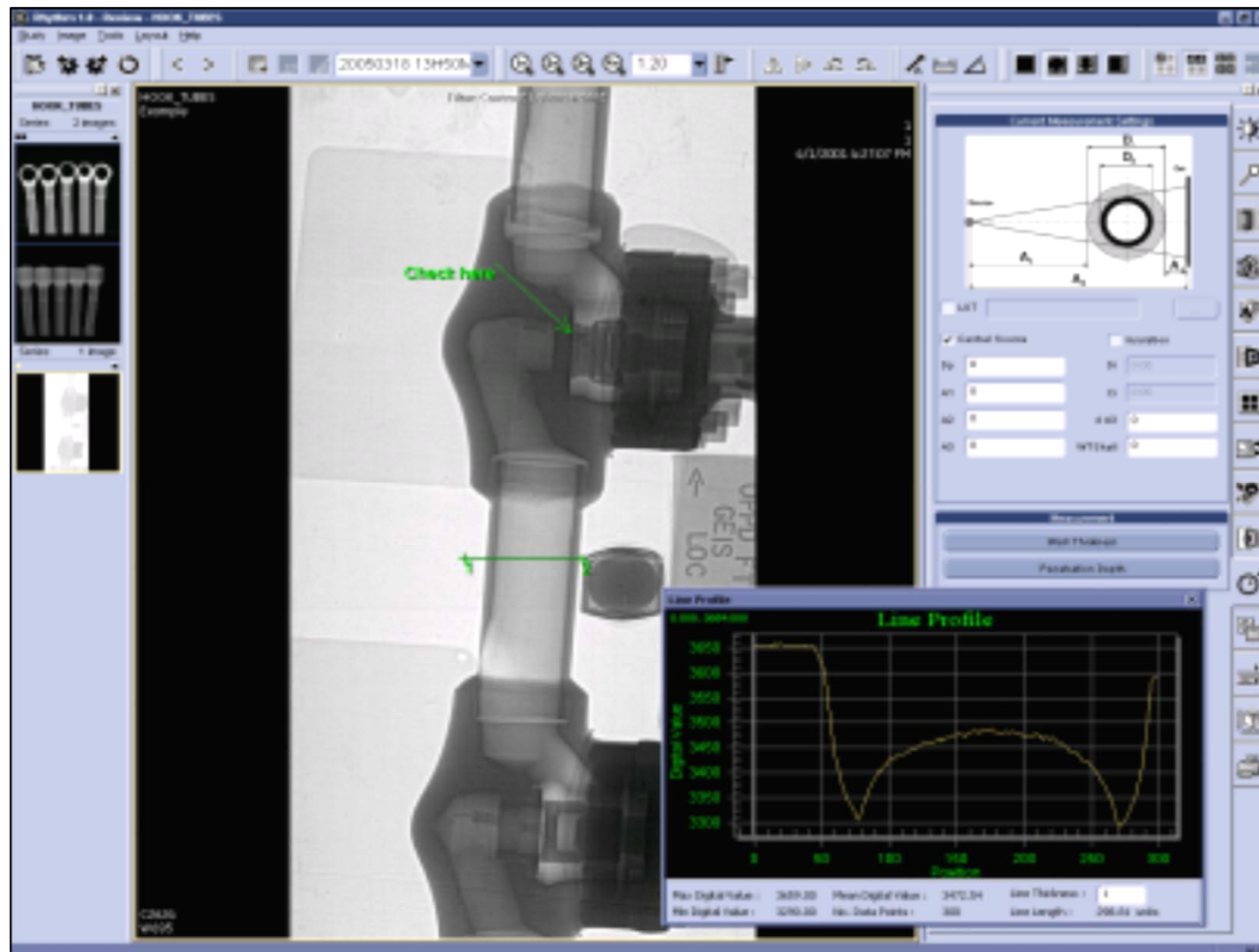
MONITORAMENTO DE CORROSÃO POR RADIOGRAFIA COMPUTADORIZADA



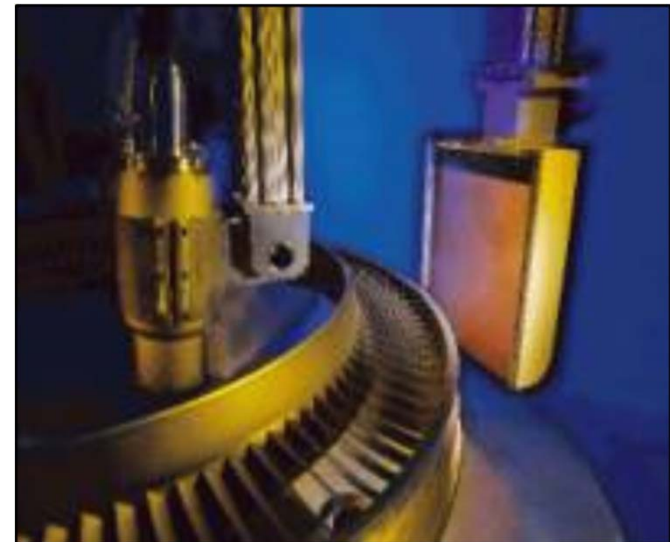
Auxílio de software: Rhythm (GE)



Auxílio de software: Rhythm (GE)

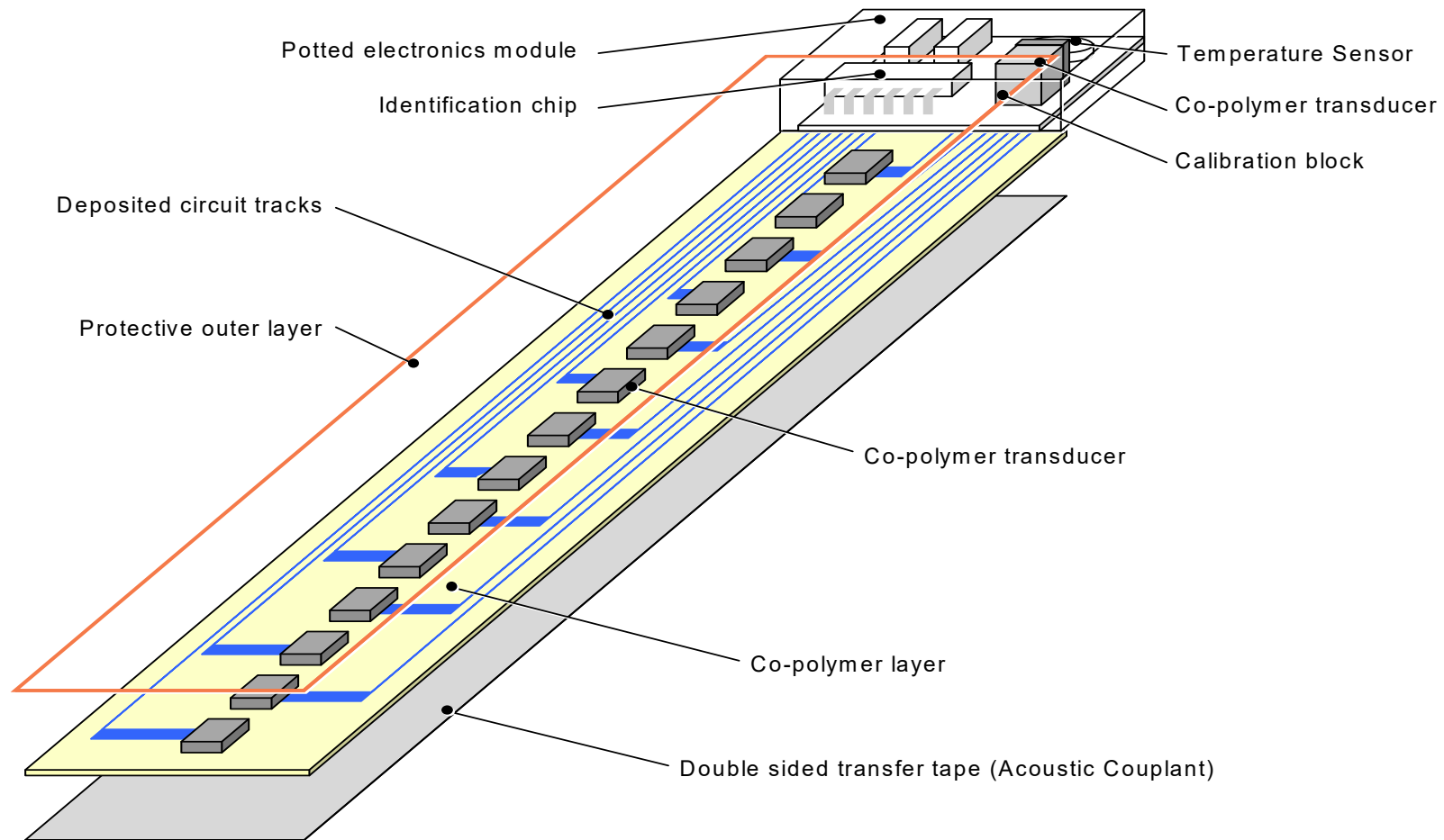


RADIOGRAFIA DIGITAL – EM TEMPO REAL - FLAT PANEL – Si AMORFO



Rightrax Intelligent Monitoring M1

M1 Sensor make up



Typical Installations

Righttrax Intelligent Monitoring



M1 sensors Fitted on Pipelines prior to insulation be reinstated



Multiple M1 Sensors fitted to subterranean Pipeline Prior to coating reinstatement and back filling

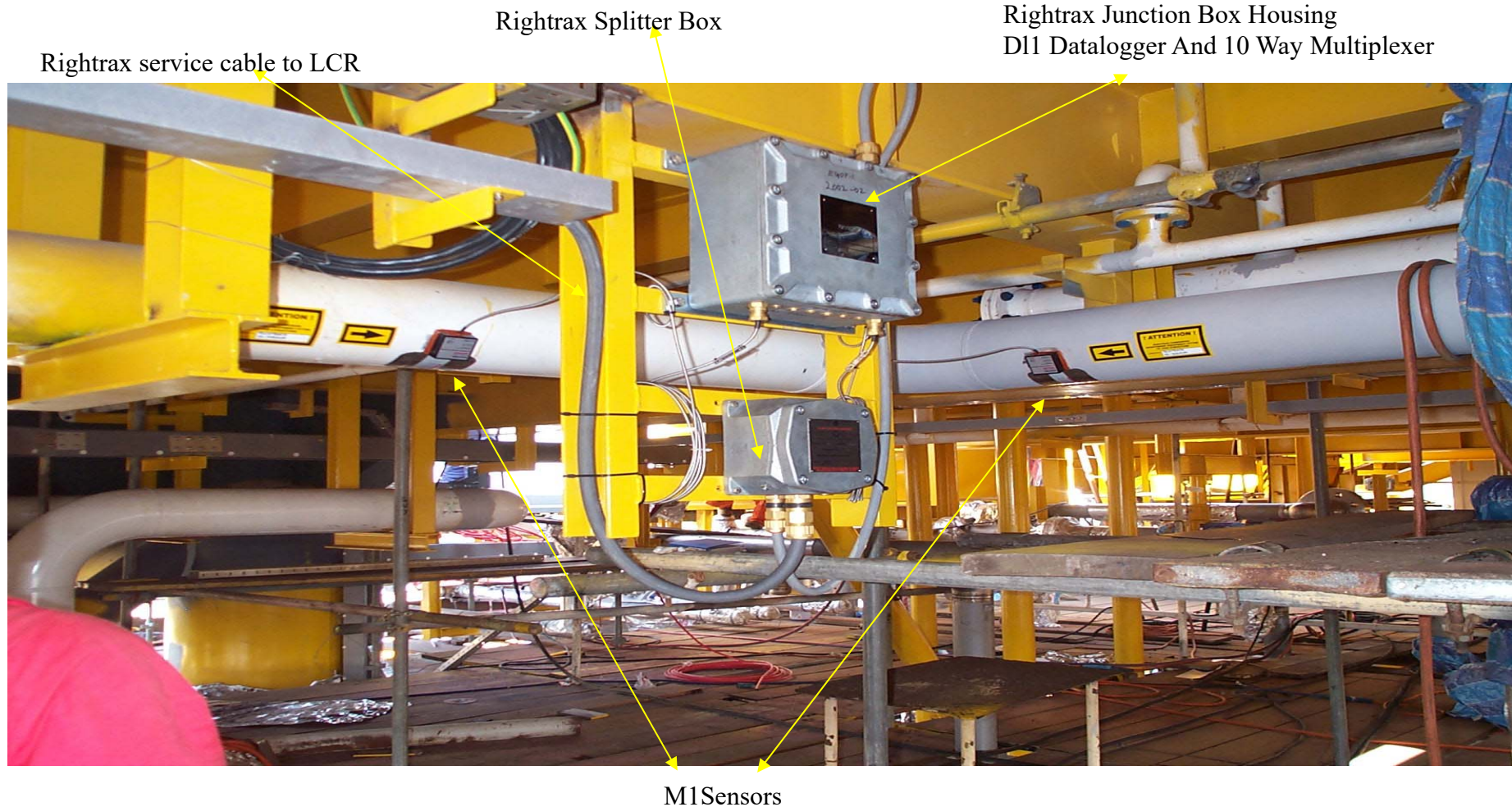


Hot Installation continuous @ 120 to 130 deg C prior to heat shield replacement

Rightrax Intelligent Monitoring

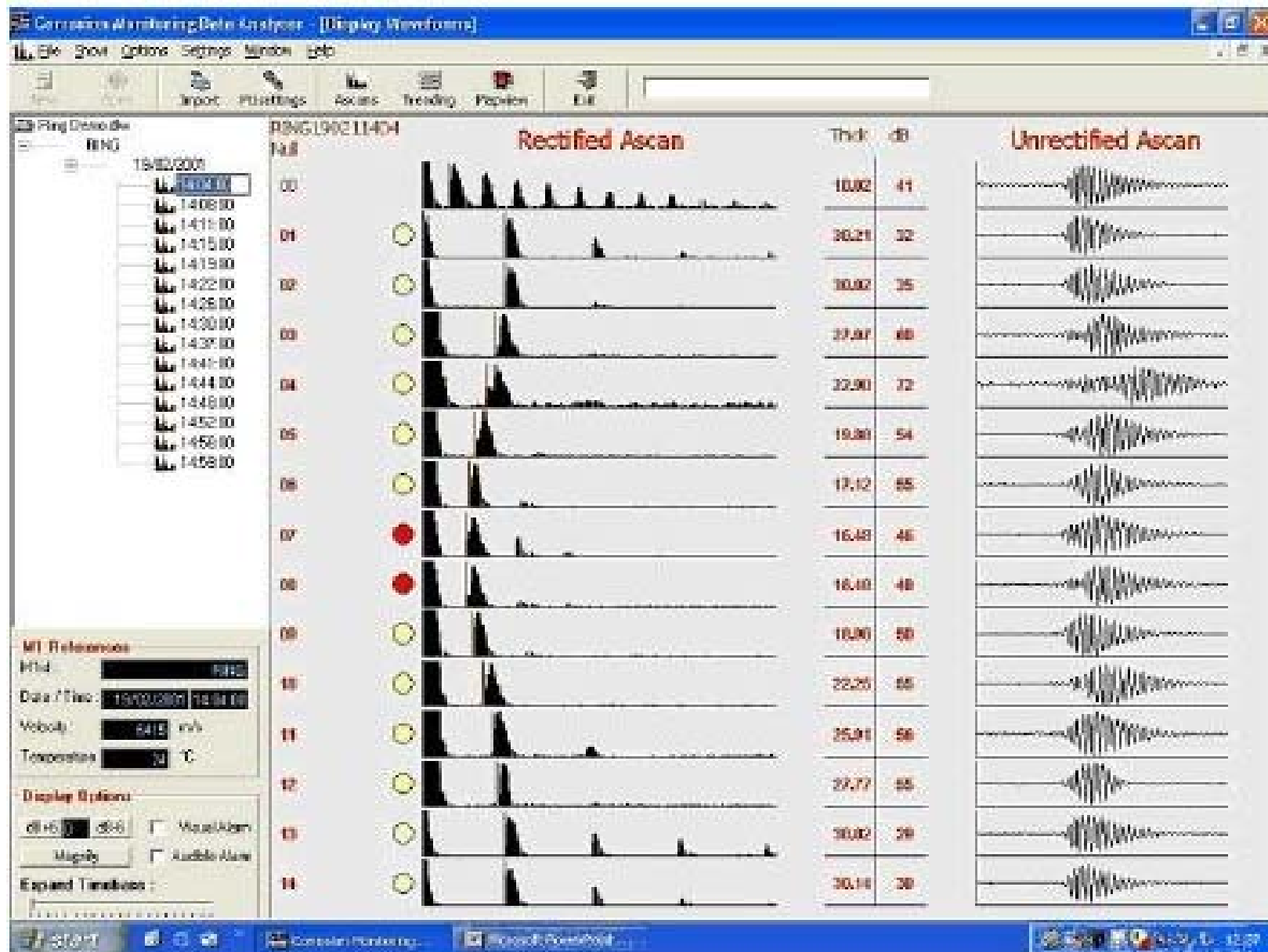
A RIGHTRAX Automated offshore system (Picture Courtesy of SHELL Brunei) with data retrieval onshore via Ethernet directly to the Corrosion engineers

Showing installed M1 sensors

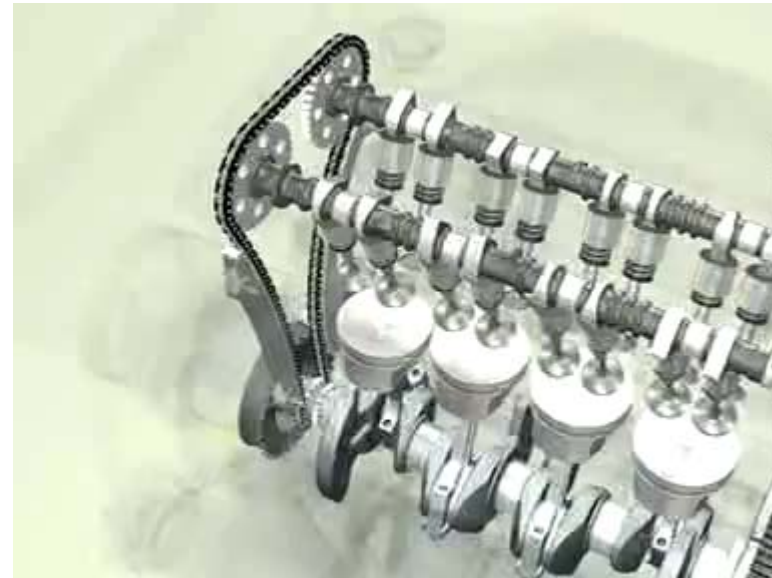


A RIGHTRAX Installation site showing Installed Sensors Prior to The Customers Paint and Insulation being applied to the piping system

Automated offshore



EIXO COMANDO DE VÁLVULAS

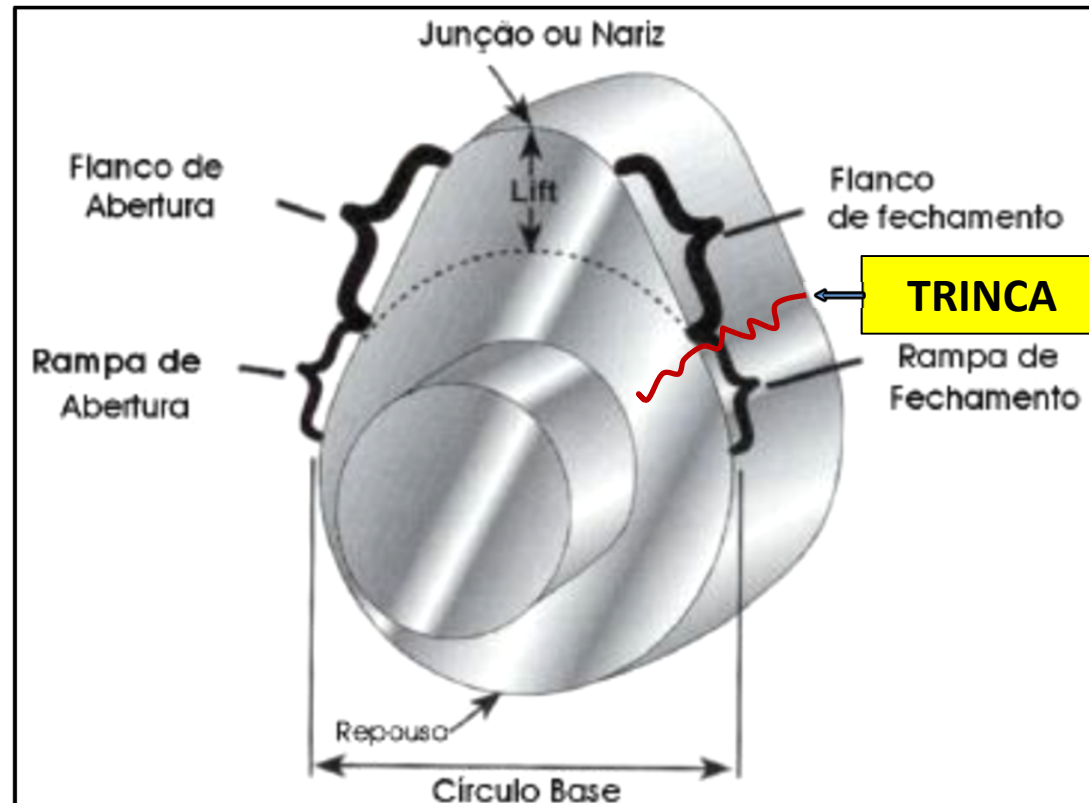


FILME MOTOR

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



Eixo comando de válvula

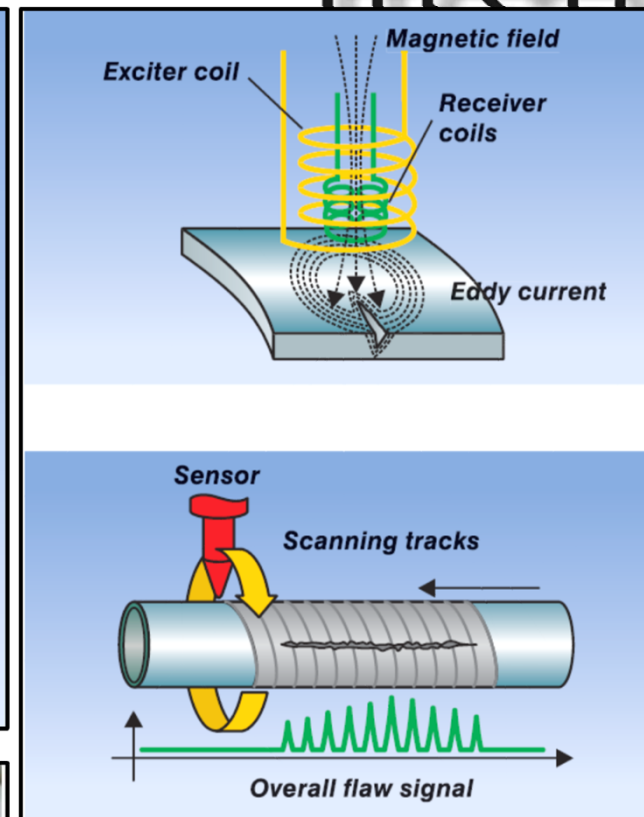
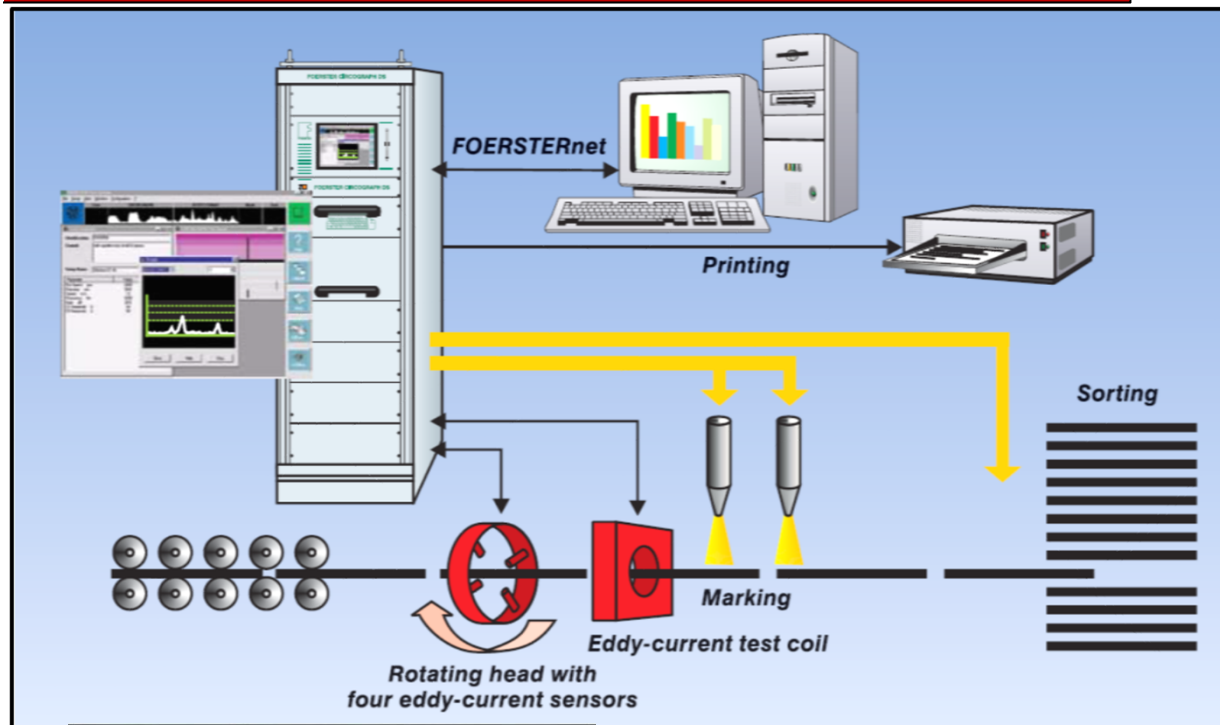


Detalhes do came que é montado no eixo comando de válvula

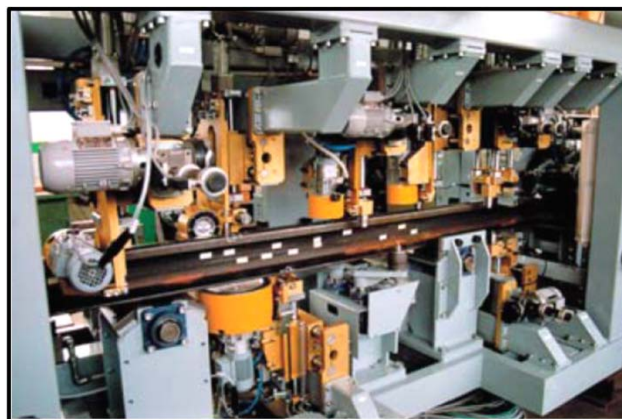
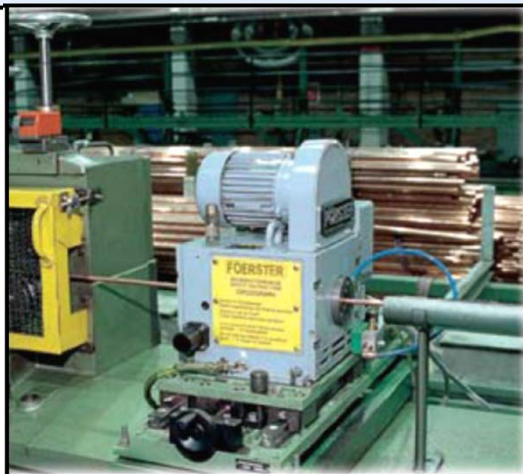
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

- **Aço DIN 100Cr6, red. 28,00mm, descascado, fornecido pela Villares Mogi (Gerdau Aços Especiais);**
- **Produção: 4.000 peças por hora em máquina automática de forjamento tipo Hatebour ou Sakamura;**
- **Exportação mensal: 3.000.000 peças;**
- **Foram encontradas 3 peças trincadas na montagem: 1ppm de defeitos, porém a especificação: zero defeitos (qualidade assegurada);**
- **A TK foi obrigada a gastar 130.000 dólares para manter inspeção 100% fora do país (México e Alemanha), na linha de montagem da Ford;**
- **Foi montado um grupo de estudos com Engenheiros da TK e Villares;**
- **Foram testadas barras rejeitadas no “circograph” e foram produzidos defeitos em barras (riscos, cortes) para forjamento automático;**
- **Após o forjamento das barras reje**

LOM3084 - ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS



Circograph- Eddy current



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

AÇÕES (MESMO SEM SABER A CAUSA):

- **Aumento do descarte após circograph: mín de 57mm;**
- **Aumento do diâmetro da barra antes do descascamento;**
- **Análise do impacto da falha pelo FMEA;**
- **Introdução das ações no procedimento de fabricação.**

FIM

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert