

Jacques Cazaux*

Université de Reims

PLAN

1° LES ISOLANTS NON CHARGES: PROPRIETES ELECTRIQUES .

2° PHENOMENES DE CHARGE: ECHANTILLONS DENUDES ; **MODE DEFOCALISE**

Echantillon épais, homogène, surface libre: **Limite de Duane Hunt** effet miroir

3° **ECHANTILLONS METALLISES**

i) analyse des verres et matériaux assimilés ;

ii) Distorsion de $\Phi(\rho z)$ –

iii) choix de la métallisation (C ; Au; etc)

iv) Autres : film flottant ; échantillon mince.

4° STRATEGIES

5° CONCLUSION

1° LES ISOLANTS

RESISTIVITE : $1/\gamma$



* LES MATERIAUX QUI NOUS ENTOURENT SONT PRESQUE TOUS ISOLANTS:

TISSUS, PLASTIQUES; VERRES

ET CES ISOLANTS SONT CONSTITUES D'ELEMENTS LEGERS OU TRES LEGERS:

OXYDES (SiO_2 , Al_2O_3 ; etc); NITRURES; CARBURES (SiC) et POLYMERES

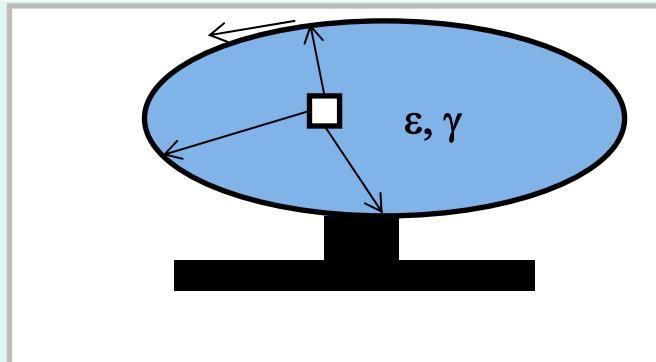
d'où problèmes en microanalyse: effets de charge
et éléments légers

PROPRIETES ELECTRIQUES ET DIELECTRIQUES

TYPE	Métaux (Cu)	Sem. Cond. (Si)	<u>Isolants</u> PVC	<u>Polymères</u> PTFE	<u>Isolants inorganiques</u> Al ₂ O ₃ SiO ₂	
Résistivité $1/\gamma$ (Ωm)	10^{-4}	$10^{-2} - 10^7$	$10^{10} - 10^{14}$	$\sim 10^{16}$	$10^{12} - 10^{14}^{**}$	$> 10^{14} - 10^{17}^{***}$
Constante diélectrique $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$		12(Si)	4,55	2,1	8,8	$3,7 - 4,4^{**}$
Constante de temps $\tau = \epsilon/\gamma$		$10^{-12} - 10^{-3} s$	0,5s - 1h30	$\sim 3j$	1mn - 1h30	$> 1h - 4j$

*amorphe (massif) **cristal*** vitreux

La constante de temps diélectrique $\tau = \epsilon/\gamma$ mesure la durée de vie des porteurs libres, Métaux et SC: évacuation rapide à la masse. Isolants : les électrons ont le temps d'être piégés dans l'échantillon et d'y rester presque indéfiniment.

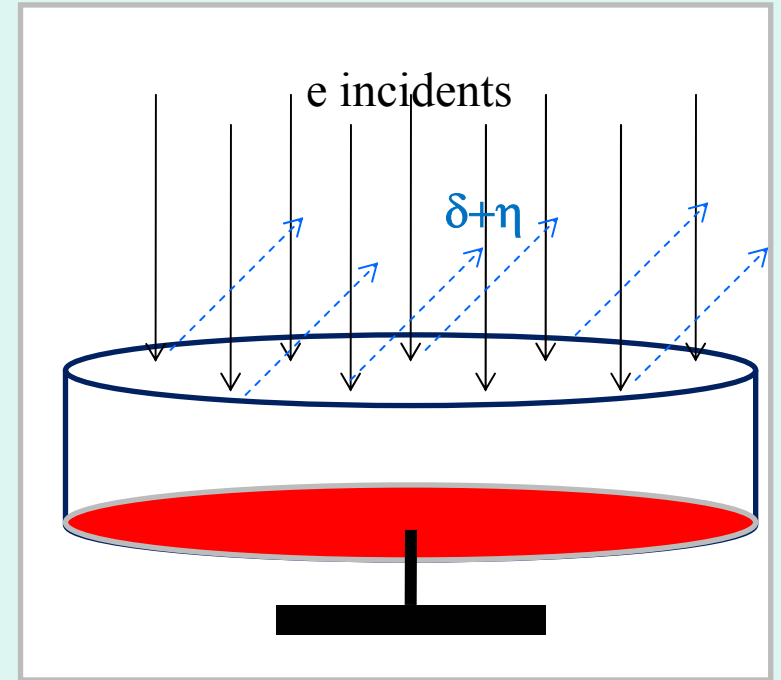
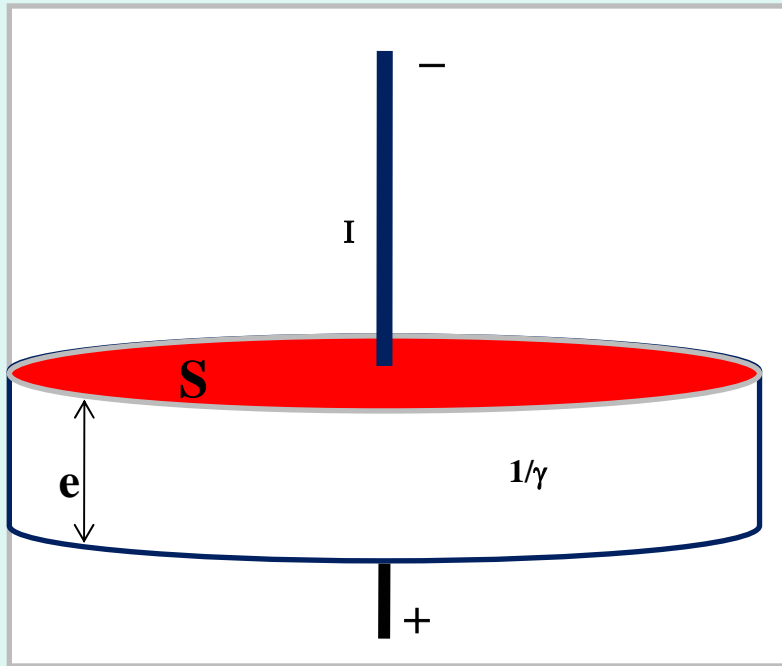


OHM (Isolants)

$$V = RI$$

avec

$$R = (1/\gamma) e/S$$

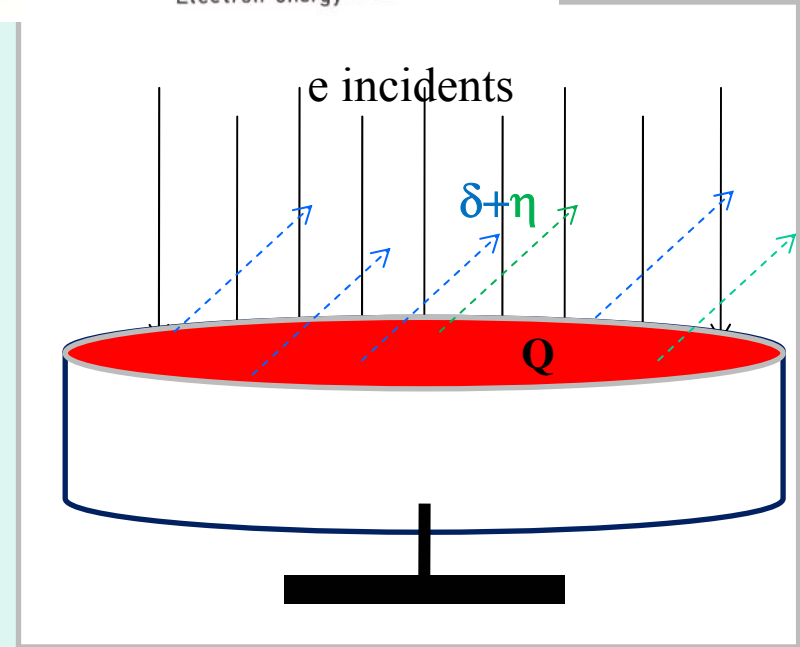
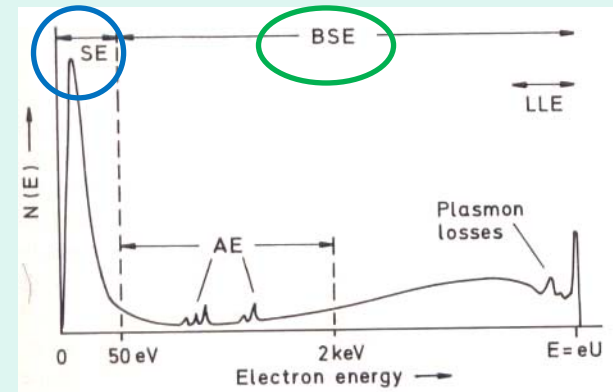
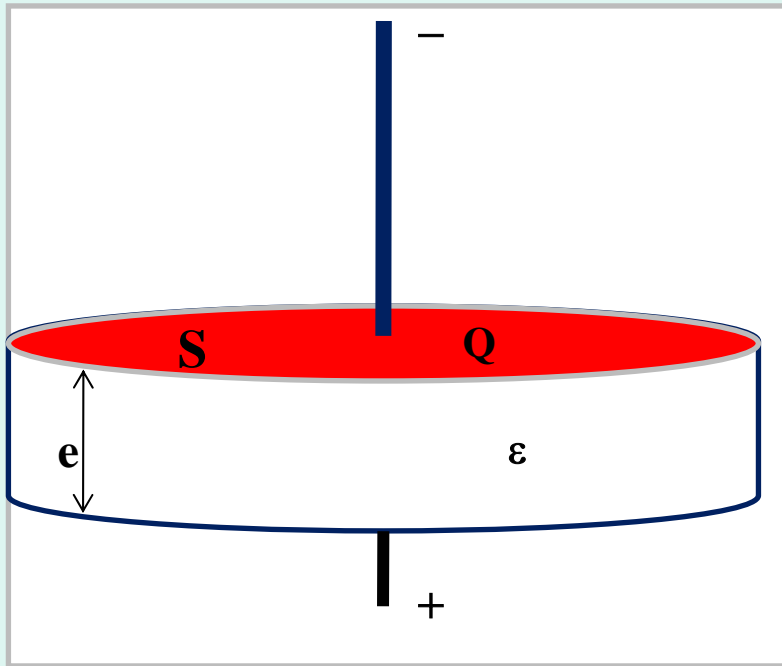


Mais si $V=1$ volt , $I/S \sim 1$ electron.sec/cm² pour $e=1$ mm et $1/\gamma = 10^{14}$ Ω m

COURANT DE FUITE (EN VOLUME) NEGLIGEABLE

D' OU PLUTÔT CAPACITE QUE RESISTANCE

$Q = CV$ avec $C = \epsilon S/e$



DONC pour $V=1$ volt , $Q/S \sim 10^{-12}$ C/cm² avec $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \sim 10^{-11}$ F.m et $e=1$ mm

- * LA GRANDEUR PERTINENTE EST $V(x,y)$ PLUTÔT QUE Q
- * L'INJECTION ETANT PERMANENTE CE SONT LES VARIATIONS DE δ QUI CONDITIONNENT LES VARIATIONS DE CHARGE

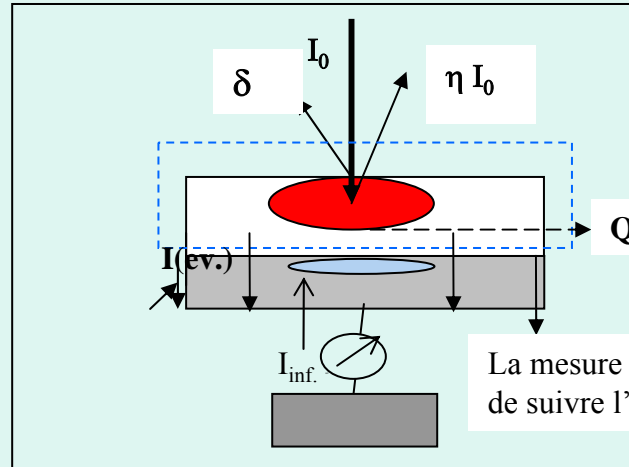
Important :

Une grande partie des charges reste stockée.

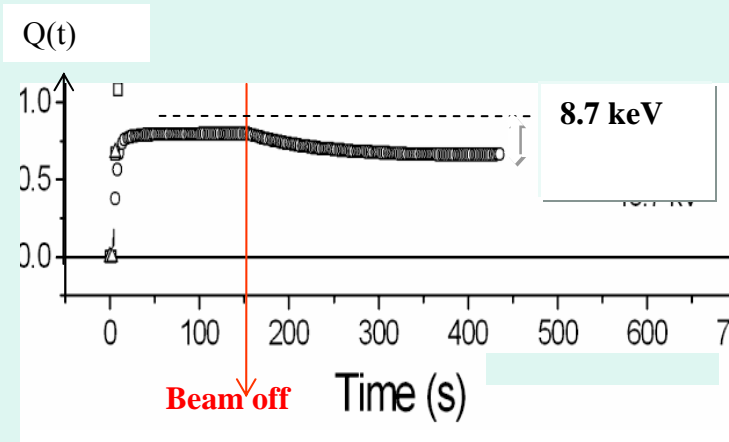
Un échantillon pré-irradié reste

chargé y compris les verres métallisés

en surface



From O. Jbara et al NIM B 194, (2002) 302-310

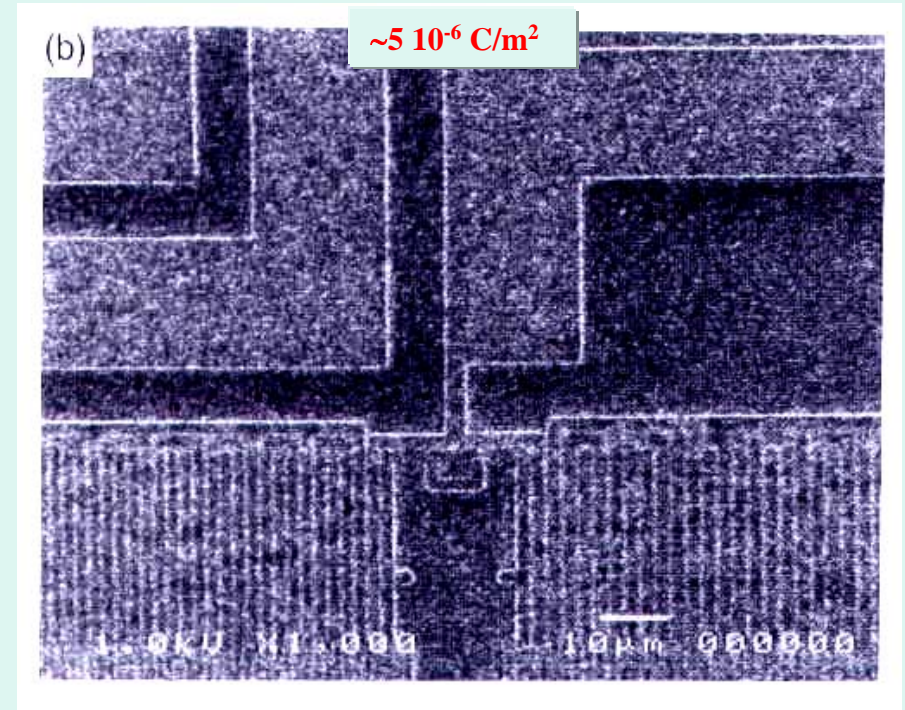
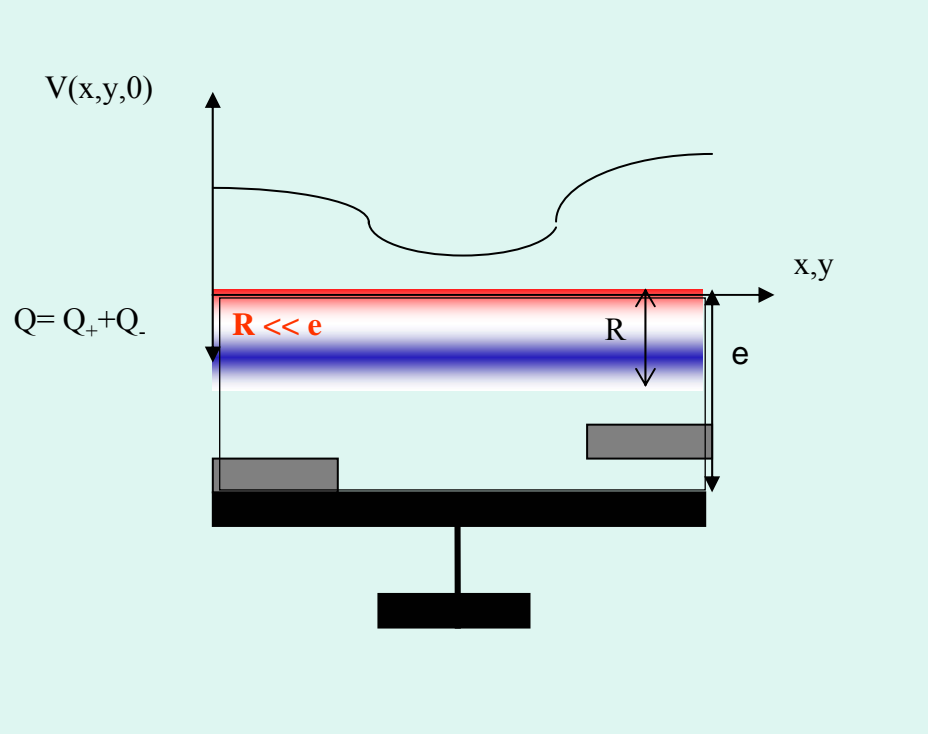


NE PAS RE-ANALYSER UNE ZONE DÉJÀ ANALYSÉE

CONSEQUENCE DE L'ABSENCE DE COURANT DE FUITE : CONTRASTE DE CAPACITE

$$Q=CV \text{ avec } C=\epsilon S/e \quad \text{Soit } Q= (\epsilon S) \underline{(V/e)}$$

Si e varie, V varie dans le même sens (en début d'irradiation)



Overlay metrology with non-penetrating electron beam

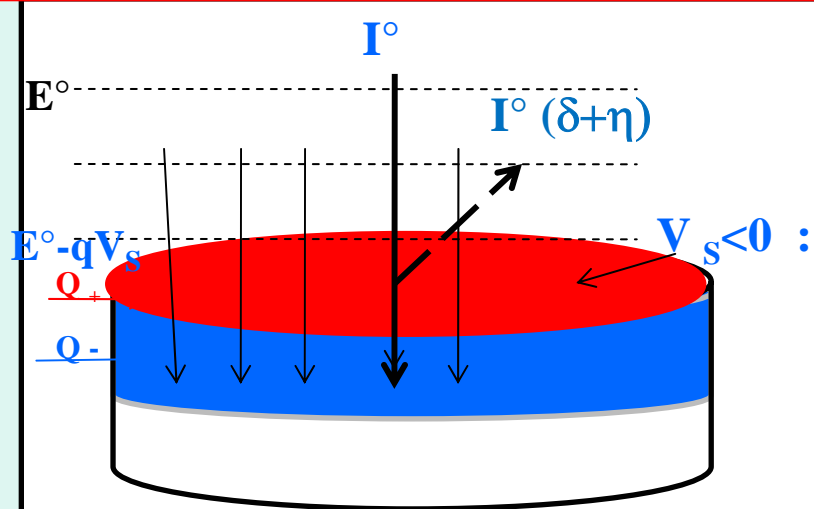
From Ura & Aoyagi ;J of Electron Microscopy, 49 (2000) 157

See also Koike et al .: Jap. J. Appl. Phys. 41 (2002) 915

2° ECHANTILLONS NON METALLISES

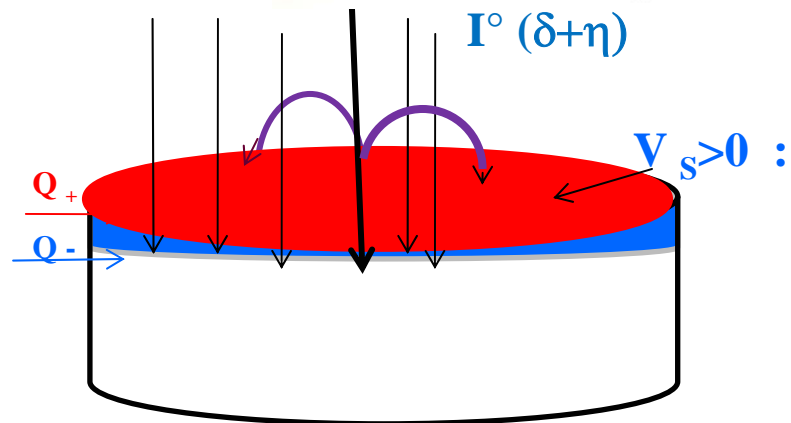
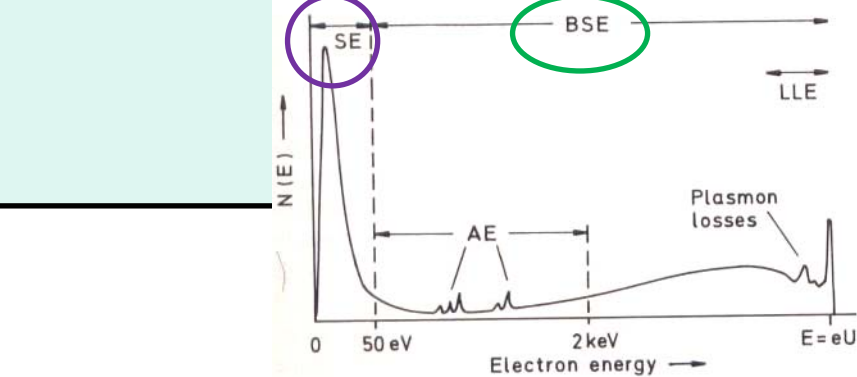
MODE DEFOCALISE, ECHANTILLON HOMOGENE

(Potentiel de surface, V_s uniforme en x,y.)



$V_s < 0$: RALENTISSEMENT EXTERIEUR DES e PRIMAIRES
 V_s peut être très élevé mais $qV_s < E^0$

ACCELERATION ET DISTORSION DES TRAJECTOIRES
 DES SECONDAIRES



$V_s > 0$: PEU D'INFLUENCE SUR LES e PRIMAIRES
 car $V_s \sim qq$ volts

RE-ATTRACTION DES SECONDAIRES PAR LA SURFACE

DANS LES 2 CAS , L'EMISSION SECONDAIRE EVOLUE VERS UN ETAT STATIONNAIRE OU

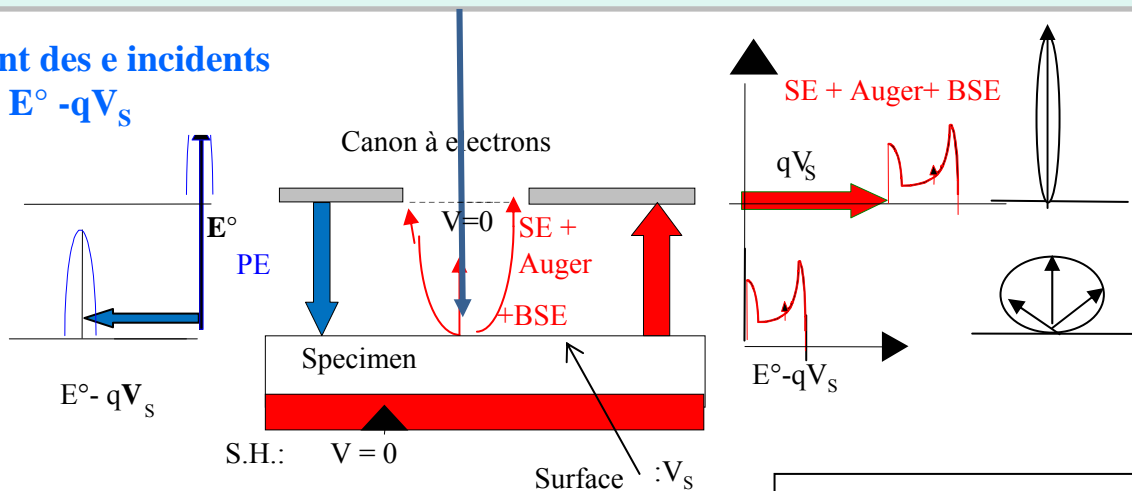
$$I^0$$

$$(\delta + \eta) = I^0$$

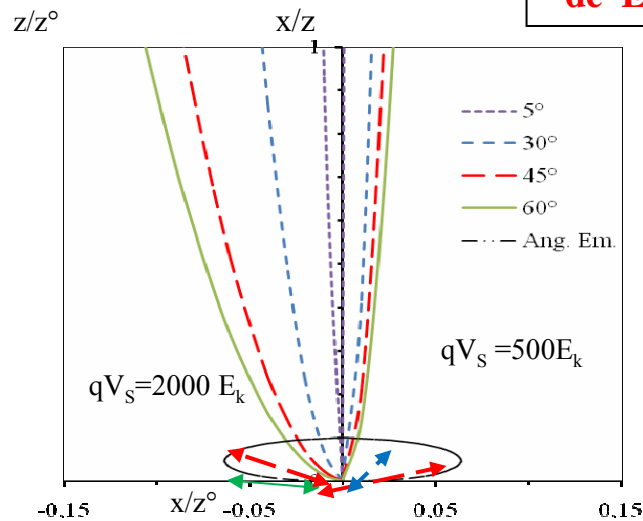
$$(\delta + \eta) = 1$$

$V(\text{surface}) < 0$: 2 effets principaux

1° Ralentissement des e incidents de E° à $E^\circ - qV_s$



2° Acceleration (repulsion) des electrons émis de E à $E+qV_s$



ROLE DU DETECTEUR: INVERSION DE CONTRASTE

$E_0 \approx 5 \text{ keV}$

IN-LENS working distance $z^{\circ}=15 \text{ mm}$ LATERAL

Paire d'images de particules de SiC dans Si.

10 μm range.

F.Grillon, Proceedings of EUREM XII, Brno, July 2000, 3 (2000) 229

En fait le calcul de l'efficacité de collection du ET est compliquée

MODIFICATION CONSIDERABLE DE L' EFFICACITE DES DETECTEURS ET COLLECTION SIGNAUX PARASITES . INFLUENCE MOINDRE SUR LES RETRODIFFUSES

EN RESUME: MECANISMES ESSENTIELS QUAND V_s EST NEGATIF

1° Ralentissement et déflexion des primaires

(qui peuvent rater leur cible):

Distorsion des images ou impossibilité de les acquérir

2° Post accélération et déflexion des secondaires:

***modifiant l'efficacité angulaire (& énergétique) de collection des détecteurs et générant des images parasites.**

Contraste modifié et brouillé

QUESTION : COMMENT MESURER E^c_2 DAND UN MEB ??????

REPONSE : AVEC UN DETECTEUR de R X Solide EN MESURANT LA LIMITE DE

DUANE-HUNT QUI N'EST AUTRE QU'UNE MESURE DE L'ENERGIE D'ATTERISSAGE, E_L ,

DES e INCIDENTS

CONSIGNES POUR UNE EVALUATION CORRECTE DE V_S via LA MESURE de la limite de Duane Hunt

Principe: $qV_S = E_{DH} - E^\circ$

Noter $E_{DH} = E^\circ$ si $V_S = 0$

RESPECT DES HYPOTHESES INITIALES: Echantillon homogène , mode défocalisé, état stationnaire

1° UTILISER UNE IRRADIATION **DEFOCALISEE** SUR UN ECHANTILLON **HOMOGENE** EN EPAISSEUR ET COMPOSITION (condensateur plan sinon $V(x,y)$)

2° ATTENDRE: LE POTENTIEL DE SURFACE DOIT ETRE STABILISE (dans le temps).

3° EVITER DE COLLECTER LES EMISSIONS PARASITES (carbone sur les pièces polaires + collimateur)

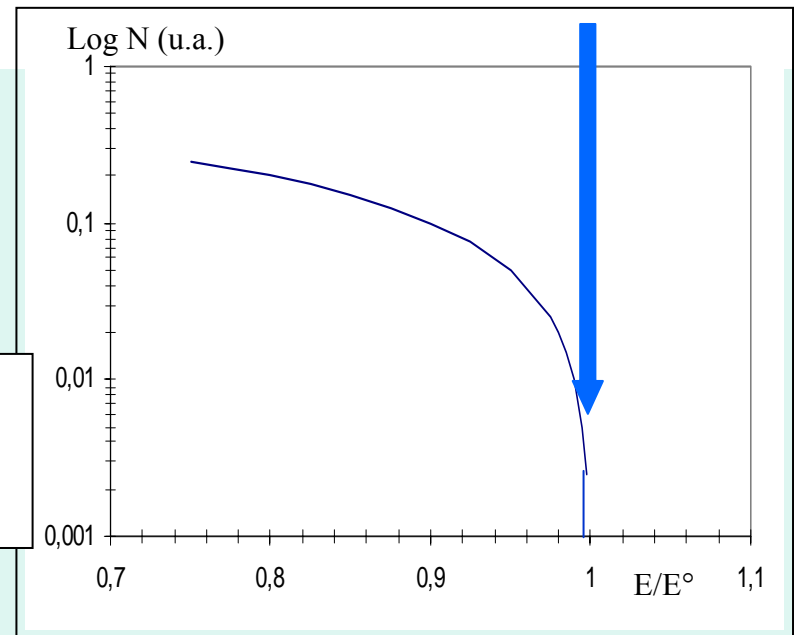
4° EXPRIMER LES INTENSITES EN ECHELLE Log ET COMPARER LA QUEUE DU SPECTRE AVEC $\text{Log} [1 - (E/E^\circ)]$: Kramers.

5° MINIMISER LE BRUIT DE LA CHAINE DE DETECTION X

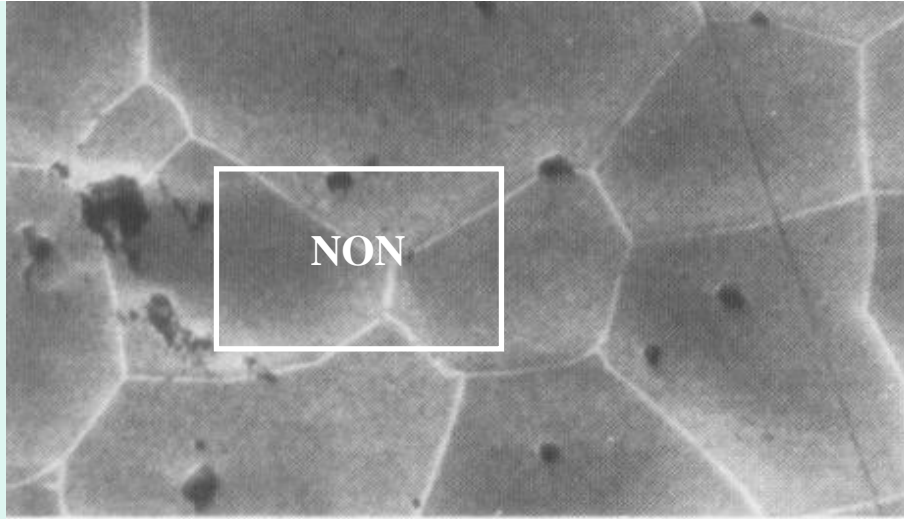
PRECISION SUR $E_{DH} \sim 0,4-0,5$ keV

Résolution détecteur+ bruit statistique

Note: Quand ces précautions élémentaires ne sont pas respectées. Elles ont conduit à des valeurs de DH trop élevées et donc des V_S trop faibles.



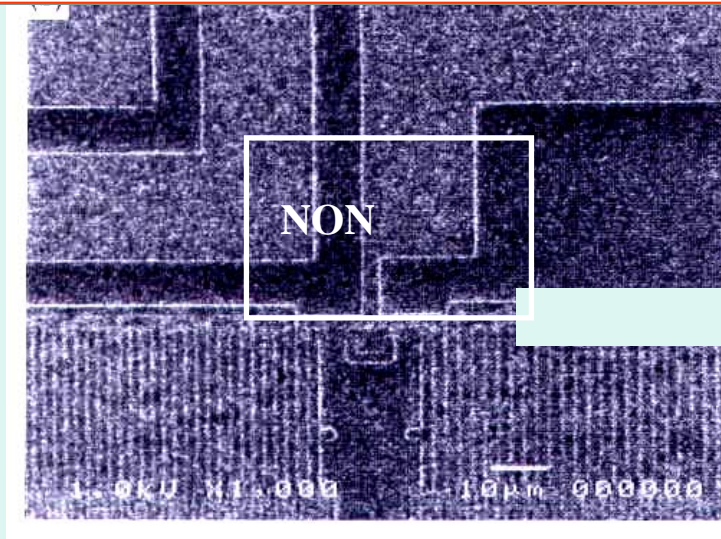
1° Précaution UTILISER UNE IRRADIATION DEFOCALISEE SUR UN ECHANTILLON HOMOGENE EN EPAISSEUR
ET COMPOSITION (condensateur plan sinon $V(x,y)$)



Superposition prévisible de 2 fonds continus
(grain et J de G) : la DH mesurable sera
celle du matériau le plus conducteur

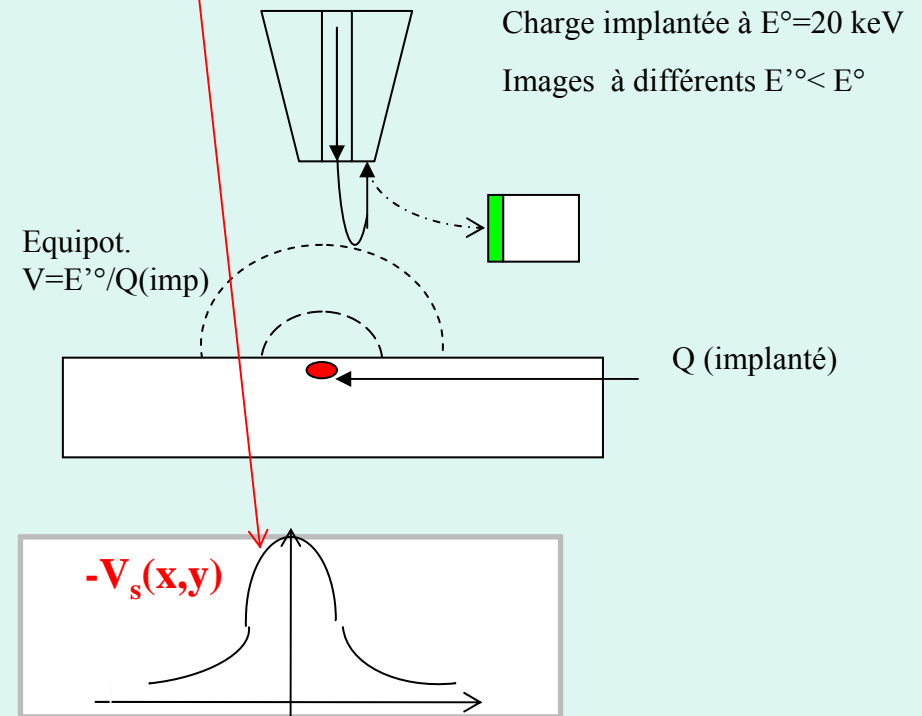
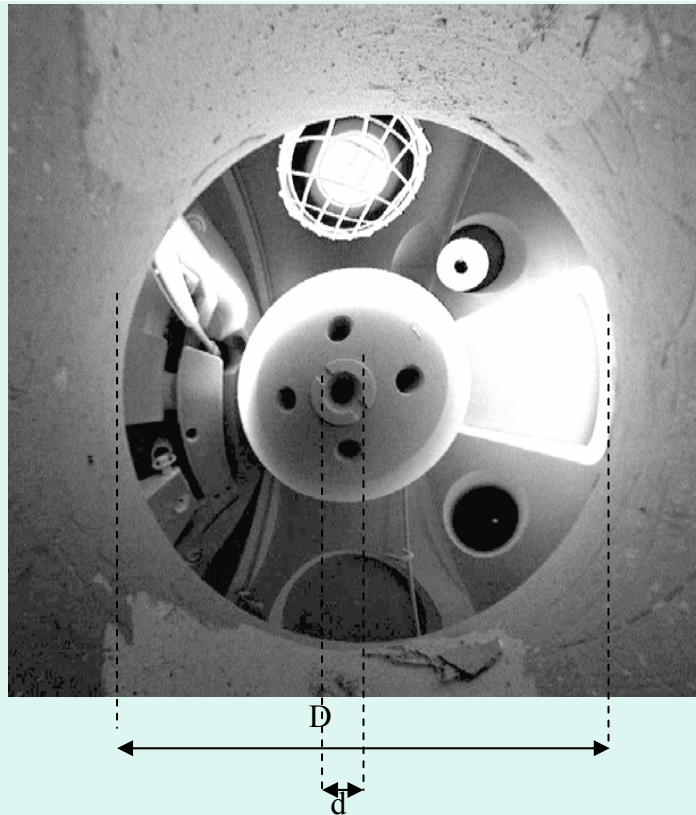
$$Q=CV \text{ avec } C=\epsilon S/e \quad \text{Soit } Q= (\epsilon S) \text{ (} \underline{V/e} \text{)}$$

Si e ou ϵ varient localement , V varie spatialement



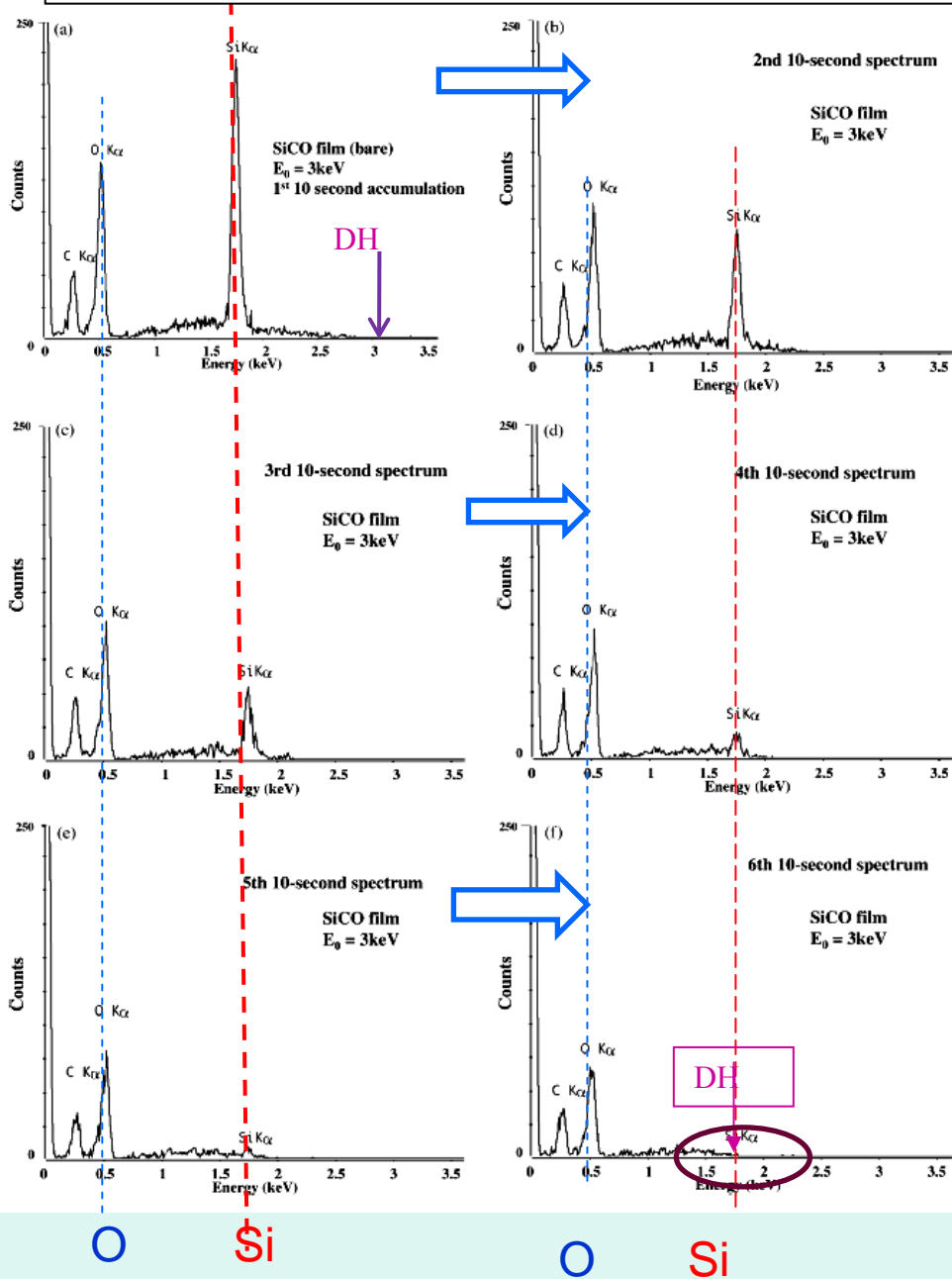
1° (suite) UTILISER UNE IRRADIATION **DEFOCALISEE** SUR UN ECHANTILLON HOMOGENE EN EPAISSEUR ET COMPOSITION (condensateur plan sinon $V(x,y)$)

INJECTION D'UNE CHARGE PONCTUELLE $Q < 0$ (~ 50 pC) A L'ENERGIE E° (~ 20 keV) SUIVIE DE L'ACQUISITION D'IMAGES A E'° ($< E^\circ$)

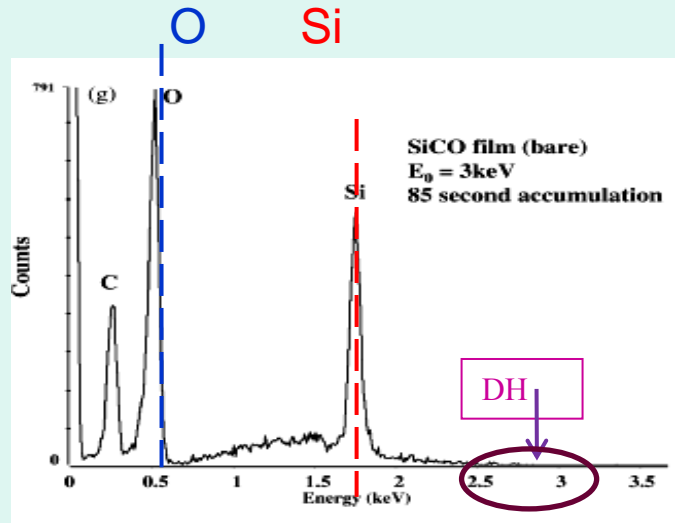


En mode focalisé L' EFFET MIROIR démontre que le potentiel de surface n'est pas uniforme donc pas de mesure de la limite de DH.

MESURE DE LA DH. 2° PRECAUTION: Ne Prendre en compte que les acquisitions à l'état stationnaire



$E_0 = 3\text{keV}$; SiCO(isolant) non recouvert



SPECTRES CUMULES
la limite de DH n'a pas changée mais l'erreur sur la quantification est évidente

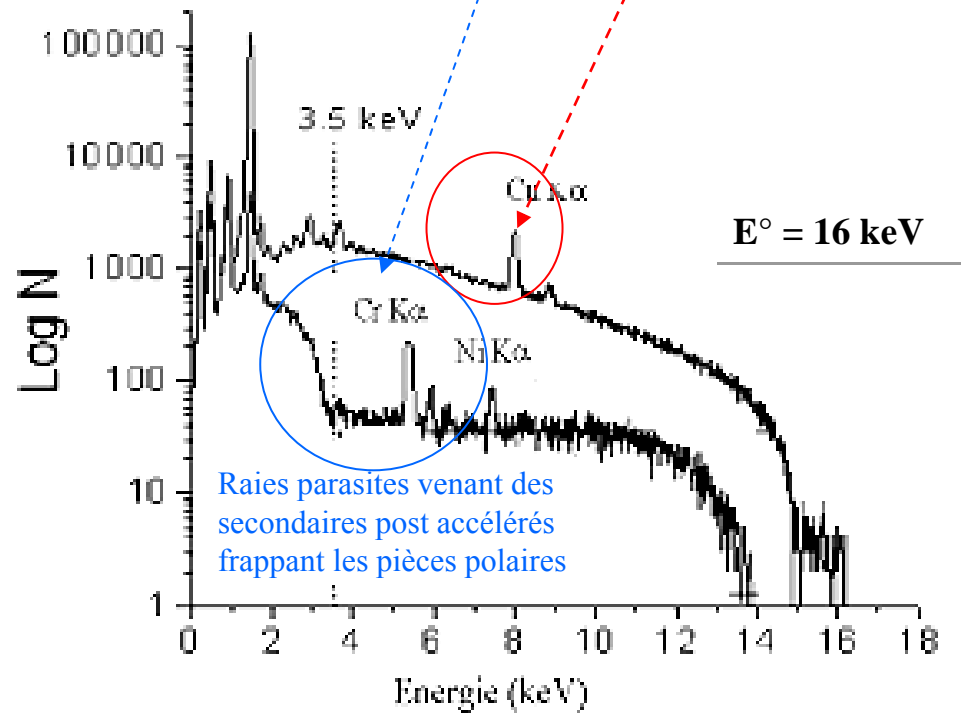
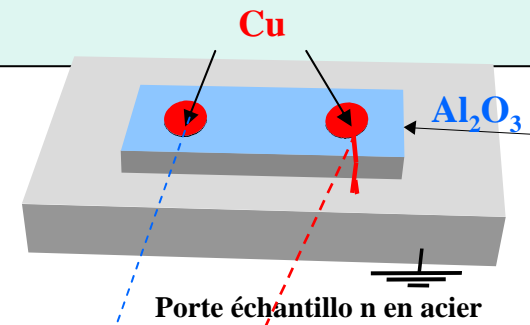
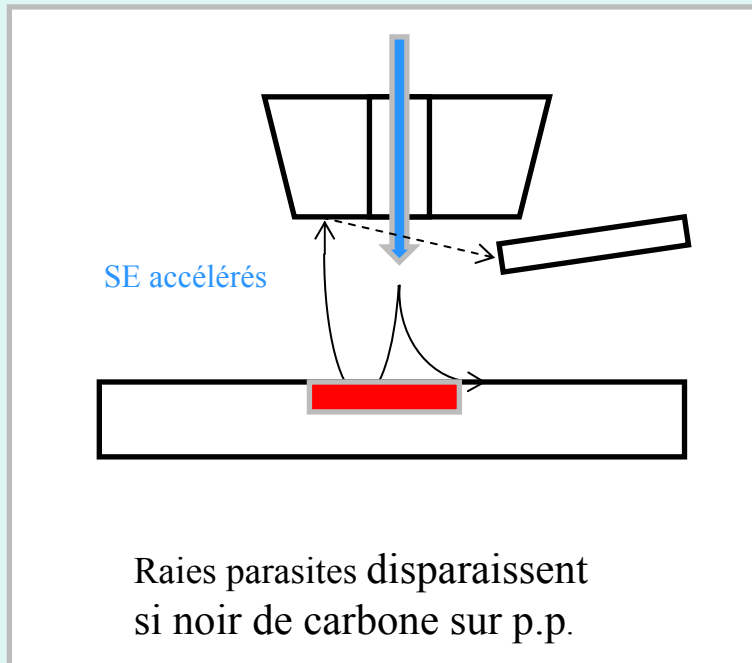
D E Newbury, Microsc. & Microanal.10 (2004) 739

3° Precaution

EVITER DE COLLECTER LES EMISSIONS PARASITES

(carbone sur les pièces polaires + collimateur)

EMISSIONS X PARASITES des PP



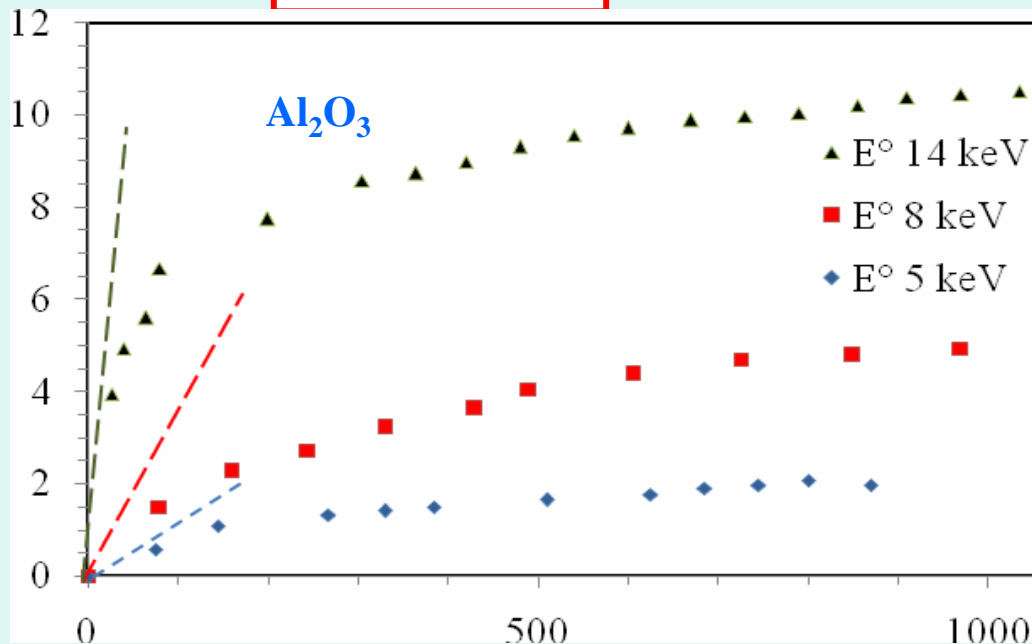
Plot Cu isolé: Disparition de Cu K; apparition de Cr et Ni K;

Fond continu distordu

EVOLUTION DU POTENTIAL DE SURFACE EN FONCTION DE LA FLUENCE I°t/S

qV_s (keV)

J°=0.1 A/m²



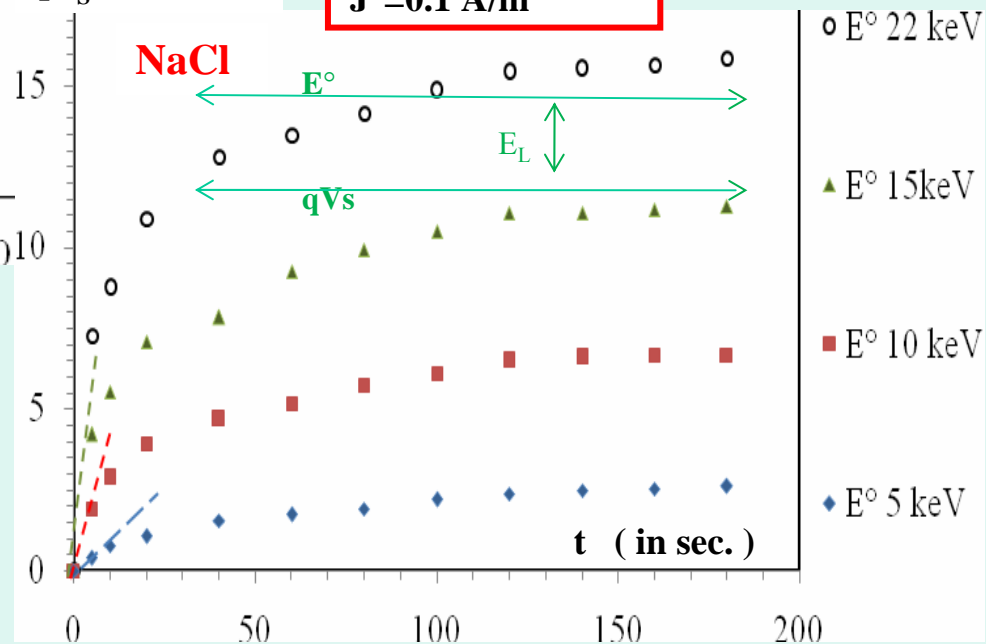
Exp.: spectromètre electrons dans MEB
E.I. Rau, et coll., Phys. Solid State 50 (2008) 621.

Equation initiale $qV = J^\circ t [1 - (\delta + \eta)] h / \epsilon$

J. Cazaux, J of Electron Spectros. Rel. Phen (2009)45691

qV_s (keV)

J°=0.1 A/m²



Noter l'échelle des temps largement inférieure à la seconde quand J° > 1A/cm²

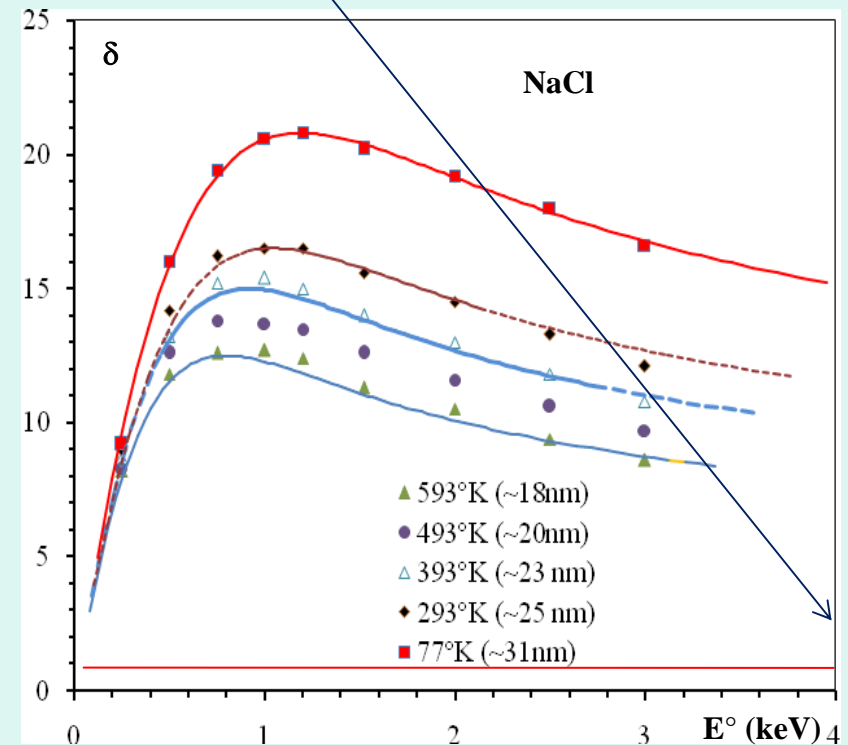
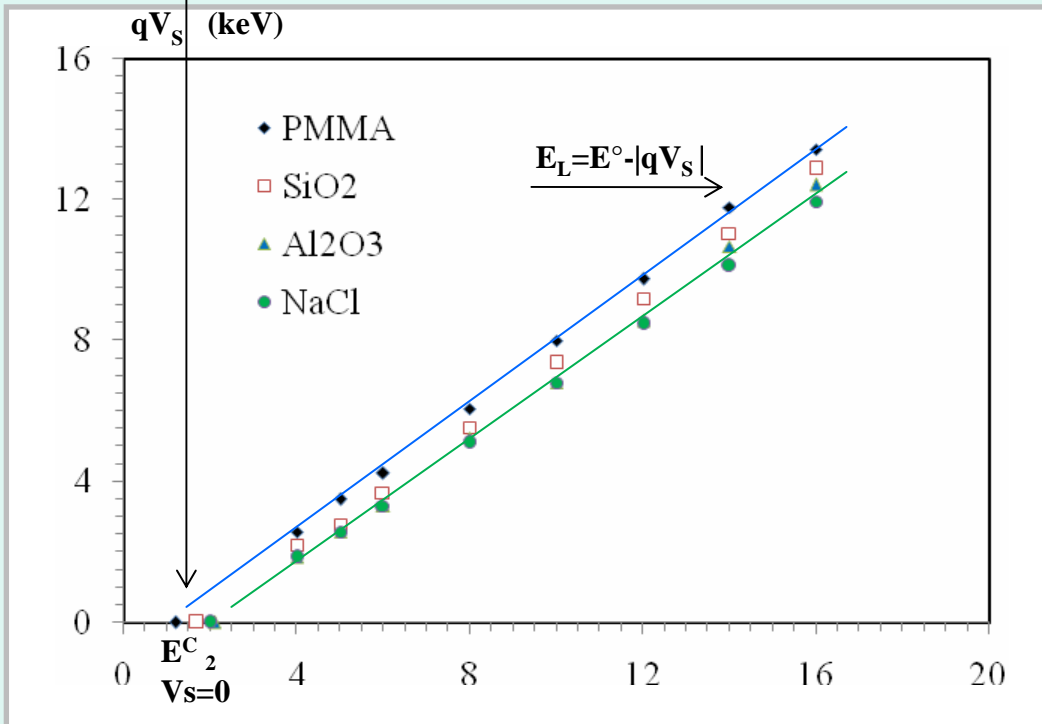
RESULTAT IMPORTANT:

L'ENERGIE CRITIQUE EXPERIMENTALE EST : $E^C_2 \sim 2 \text{ keV}$ (isolants)

Or L'ENERGIE CRITIQUE CONVENTIONNELLE EST : $E^{\circ}_2 > 5 \text{ keV}$ (isolants)

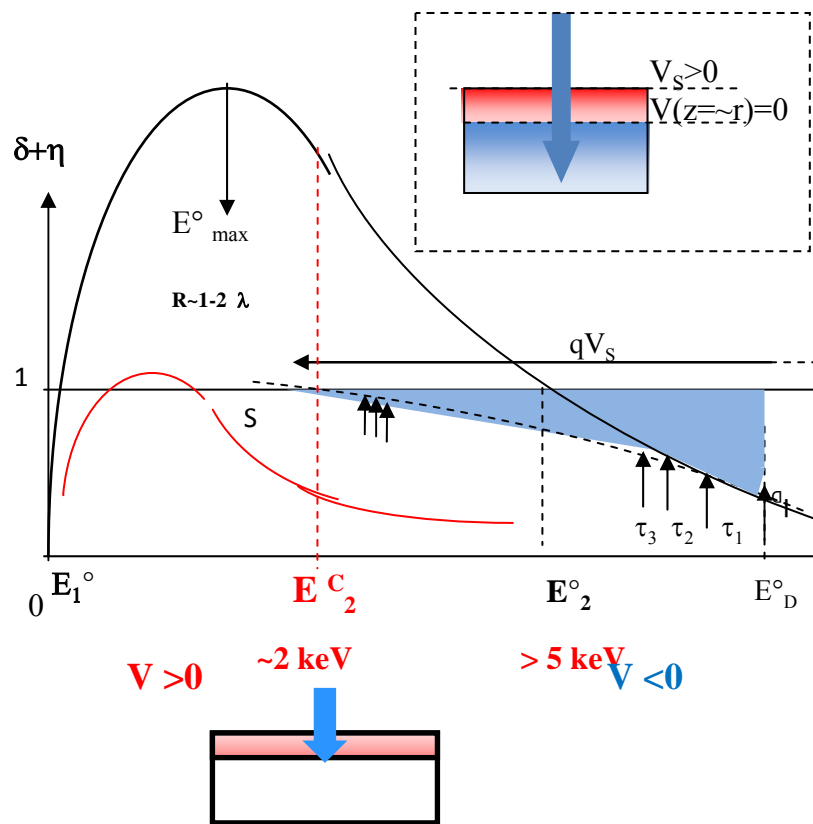
E.I. Rau, et coll., Phys. Solid State 50 (2008) 621.

Résultats plus précis obtenus avec un analyseur d'électrons dans le MEB



J. Cazaux, J of Electron Spectros. Rel. Phen (2009)45691

LIMITES CONVENTIONNELLES: 2 ENERGIES CRITIQUES E_1° ET E_2° POUR LES QUELLES $(\delta+\eta) = 1$



***REIMER POSTULE E_2° POUR $Q=0$ ALORS QUE LE PARAMETRE PERTINENT EST $V(\text{surface})$ ET NON Q**

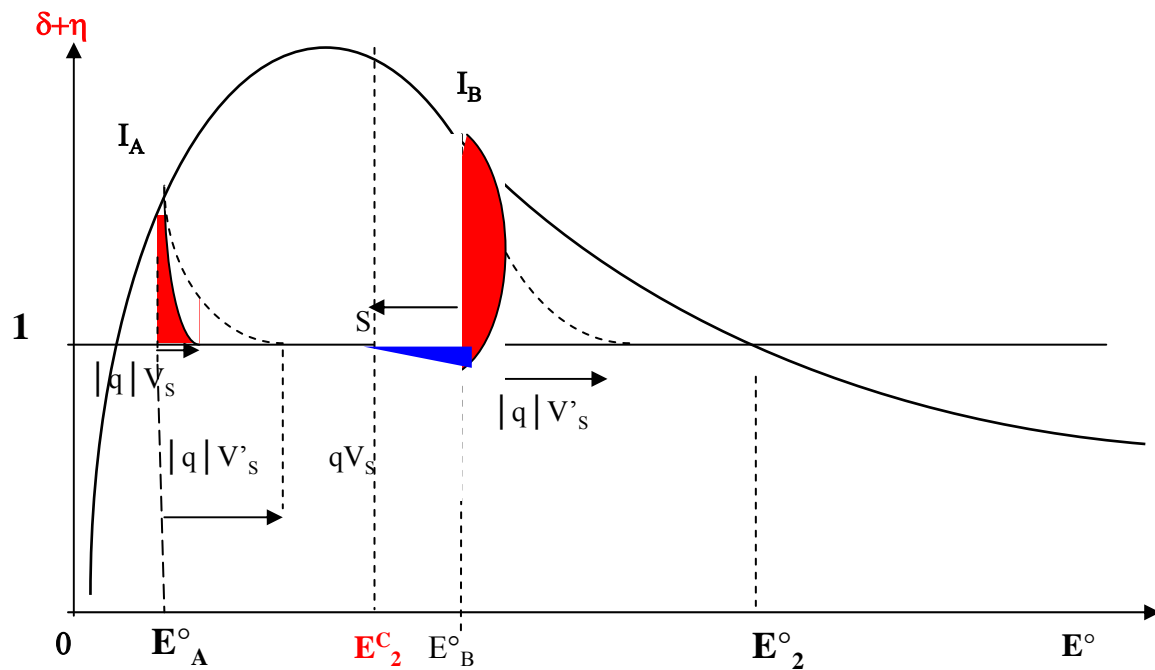
****DE PLUS LA COURBE UTILISEE (REIMER) EST REPRESENTATIVE D'UN METAL ET NON D'UN ISOLANT.**

L. Reimer Scanning Microscopy (1985)

ALORS QUE POUR LES ISOLANTS INORGANQUES LA VALEUR DE E_2° PREVUE EST $\gg 5-6 \text{ keV}$

PARADOXALEMENT LE RESULTAT PRATIQUE EST LE MEME: UNE ENERGIE CRITIQUE $\sim 2 \text{ keV}$

$$E^\circ < E^\circ_2$$



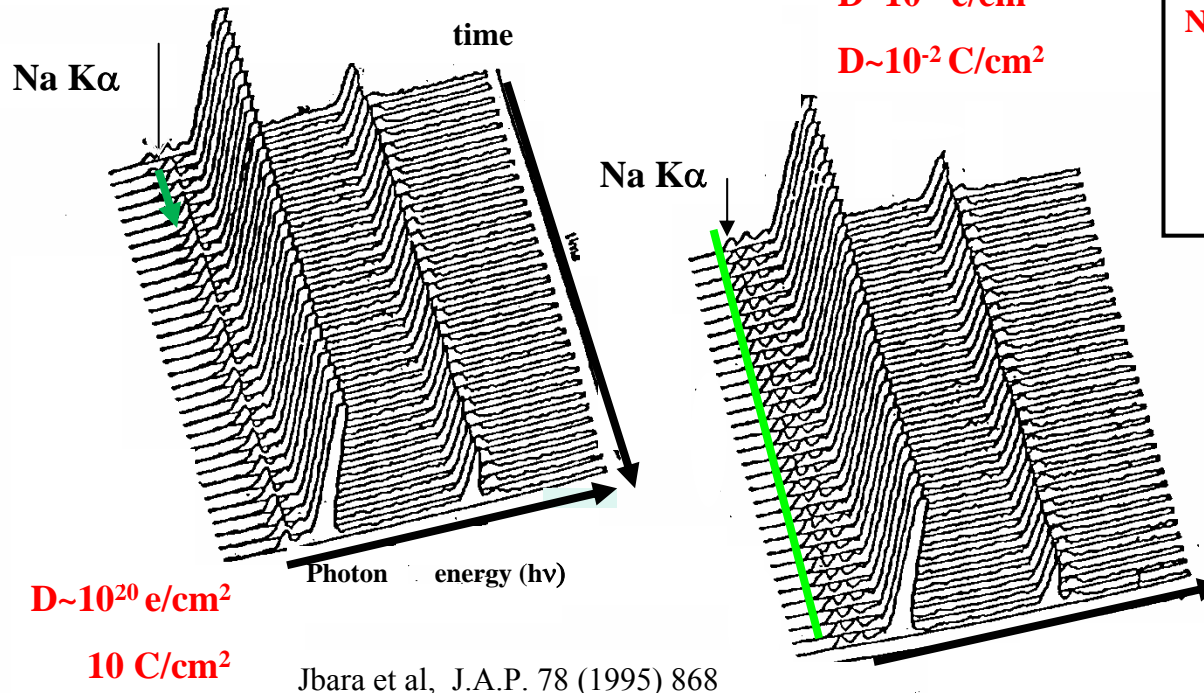
Et INFLUENCE DE POLARISATIONS EXTERNES

i) Evolution des signaux X au cours du temps

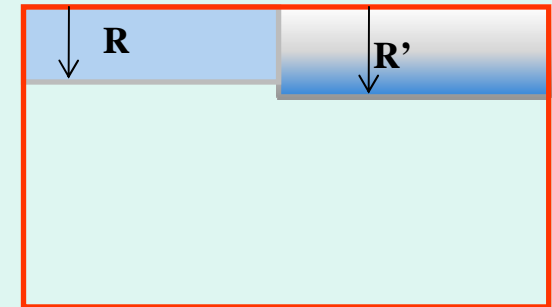
•Influence de la fluence $D= I^{\circ}t(\text{irr.})/S$

$D \sim 10^{17} \text{ e/cm}^2$

$D \sim 10^{-2} \text{ C/cm}^2$



NOTER: la décroissance du signal des ions positifs (cf NaKα) entraîne la croissance des signaux X des atomes immobiles (cf Si et de O) via l'accroissement de la profondeur de pénétration des primaires.

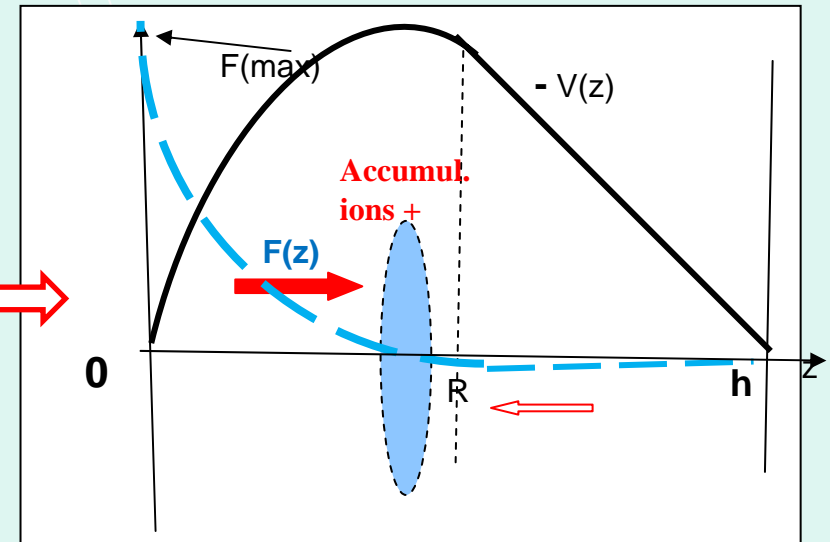
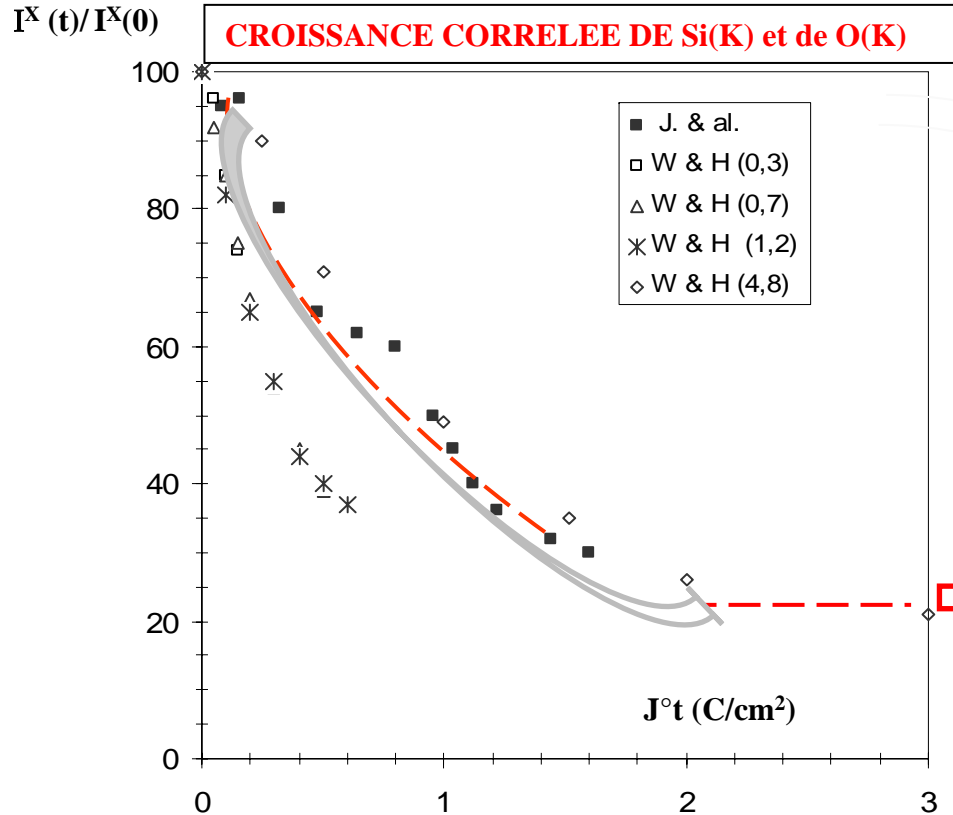


Les ions mobiles – (F; Cl) migrent vers la surface et peuvent soit s'accumuler sous le revêtement soit le traverser

(O.Jbara et al. , *J.Appl. Phys.* **79** -1996-2309)

3° ECHANTILLON METALLISE

OBSERVATION : DECROISSANCE DU SIGNAL X (Na K α dans les verres et autres)



NOTER $D(\text{critique}) \sim 1 \text{ C/cm}^2$ bien supérieure

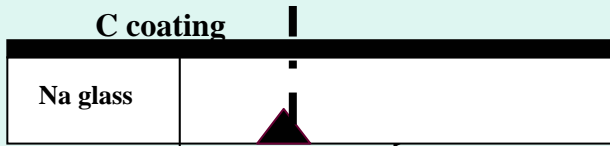
à $\sim 1 \text{ C/m}^2$ de l'évolution du potentiel de surface (échantillons dénudés).

Logique: la migration des ions est plus lente que l'établissement du potentiel

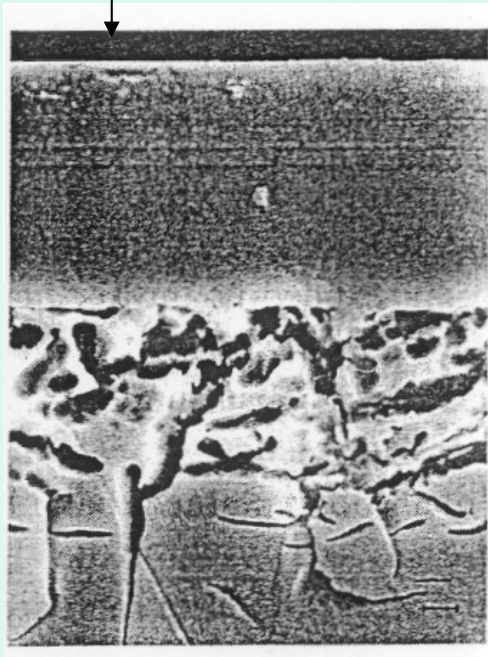
D ne correspond pas à la densité de charge implantée Q/S car évacuation par revêtement.

Mais il suffit que $Q/S \sim 10^{-8} D$ pour que F soit suffisant pour pousser les ions + : $F(\max) \sim 10^7 \text{ V/m}$

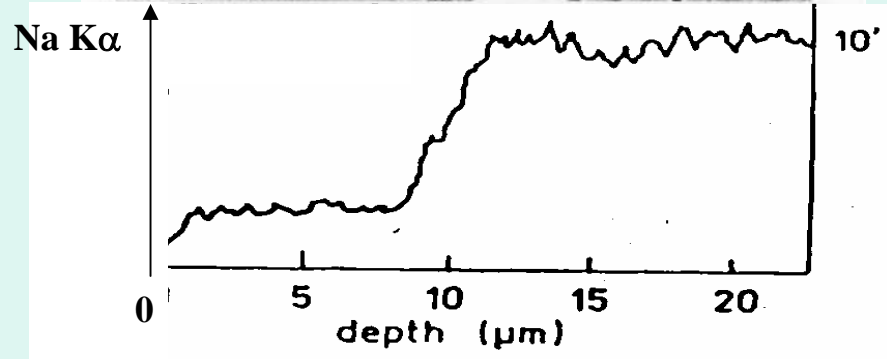
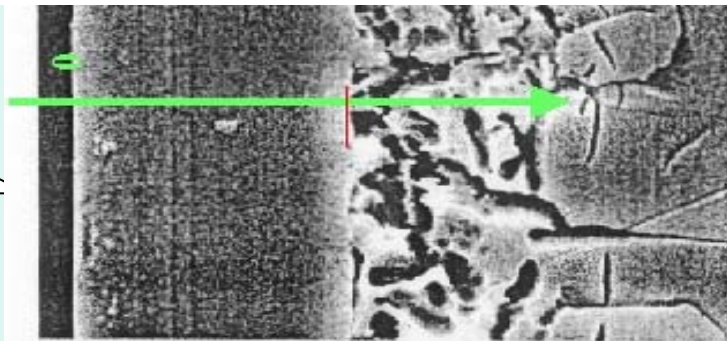
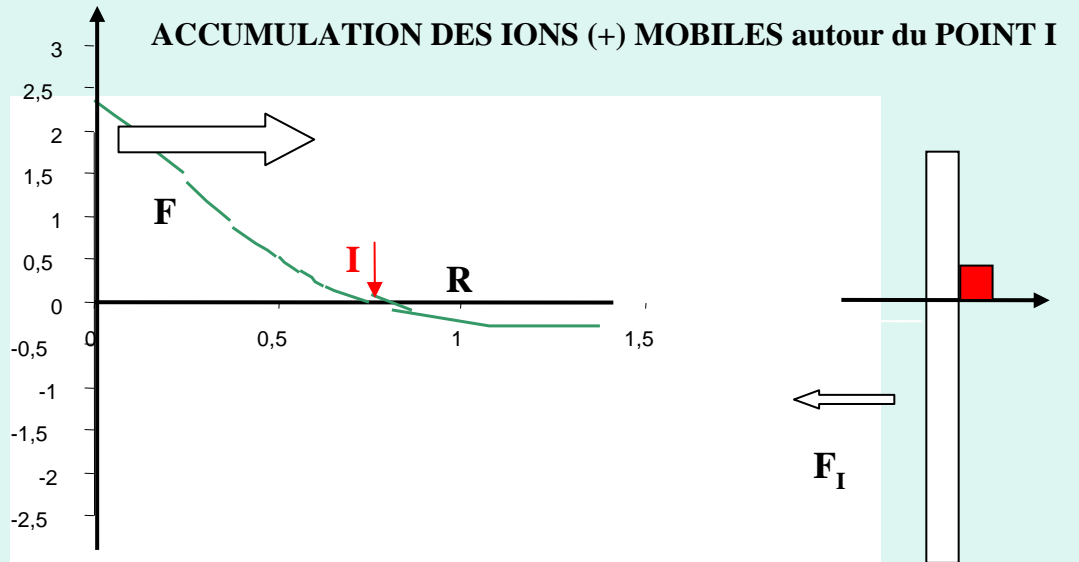
AUTRE MESURE POUR METTRE EN EVIDENCE DIRECTE DE LA MIGRATION DES IONS



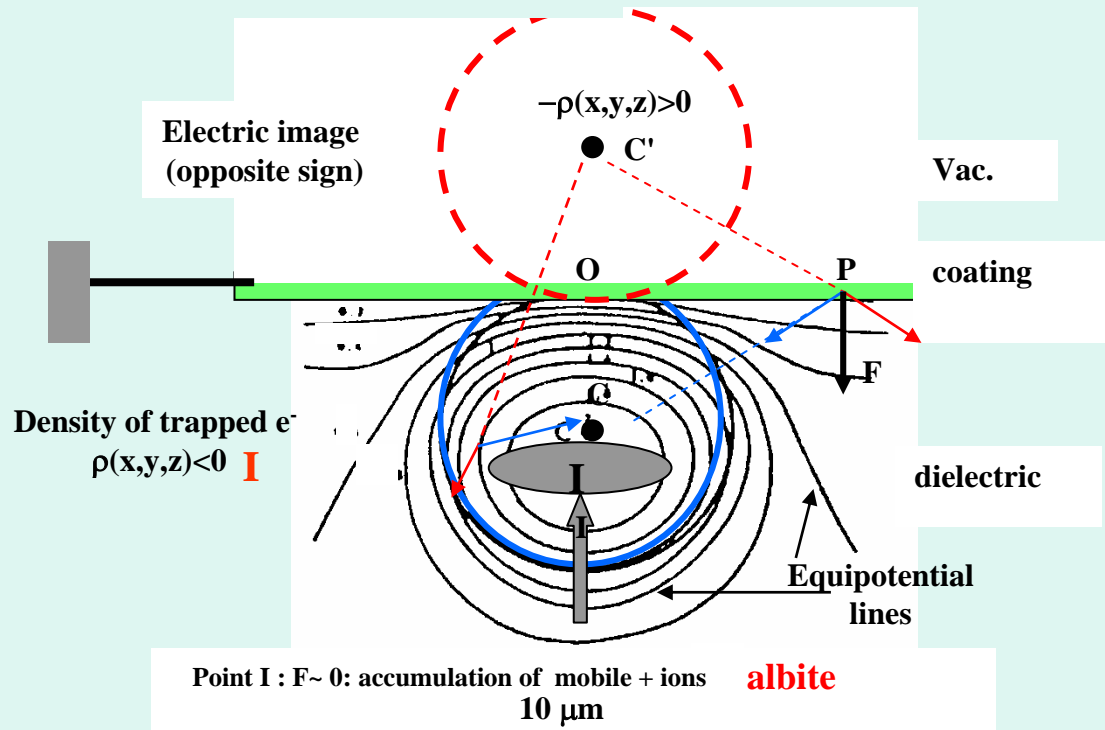
Cross section of a e^- irradiated glass slide



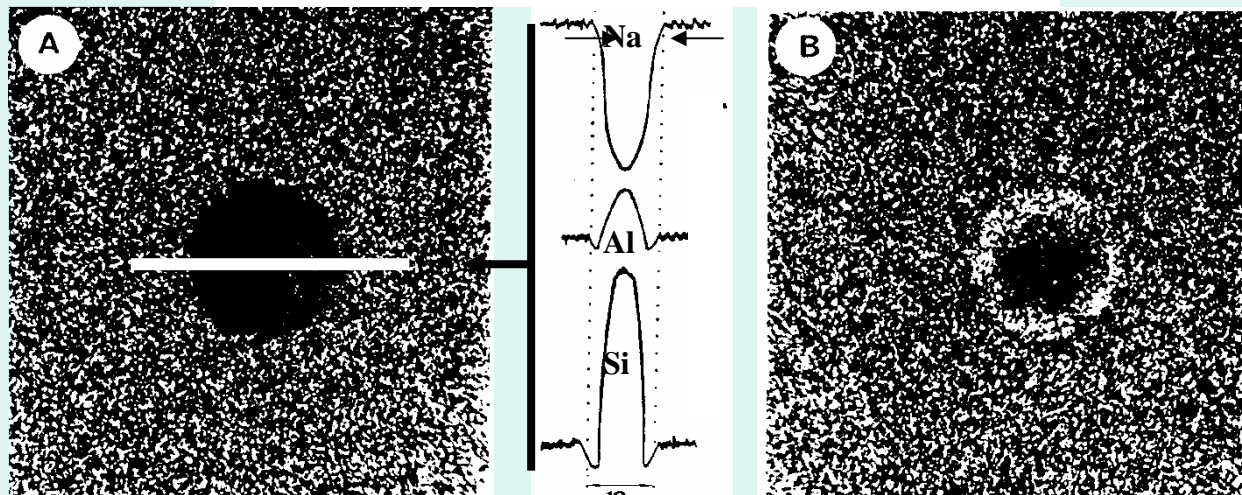
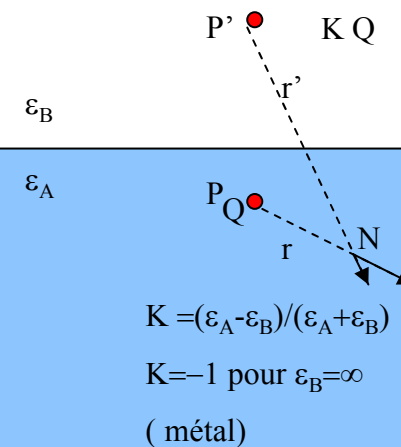
vertical section obtained by using a soldering iron



EFFETS SIMILAIRES EN MODE FOCALISE

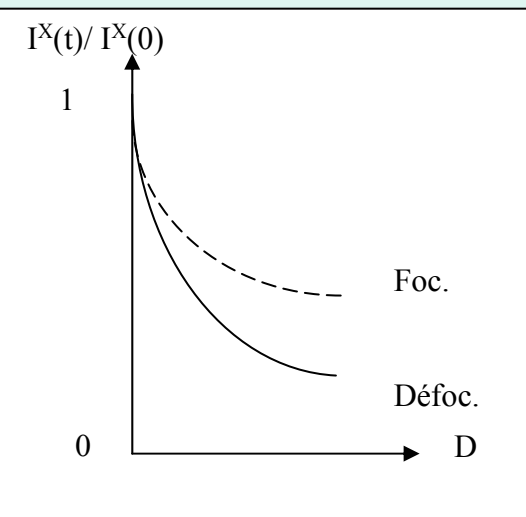


Images électriques



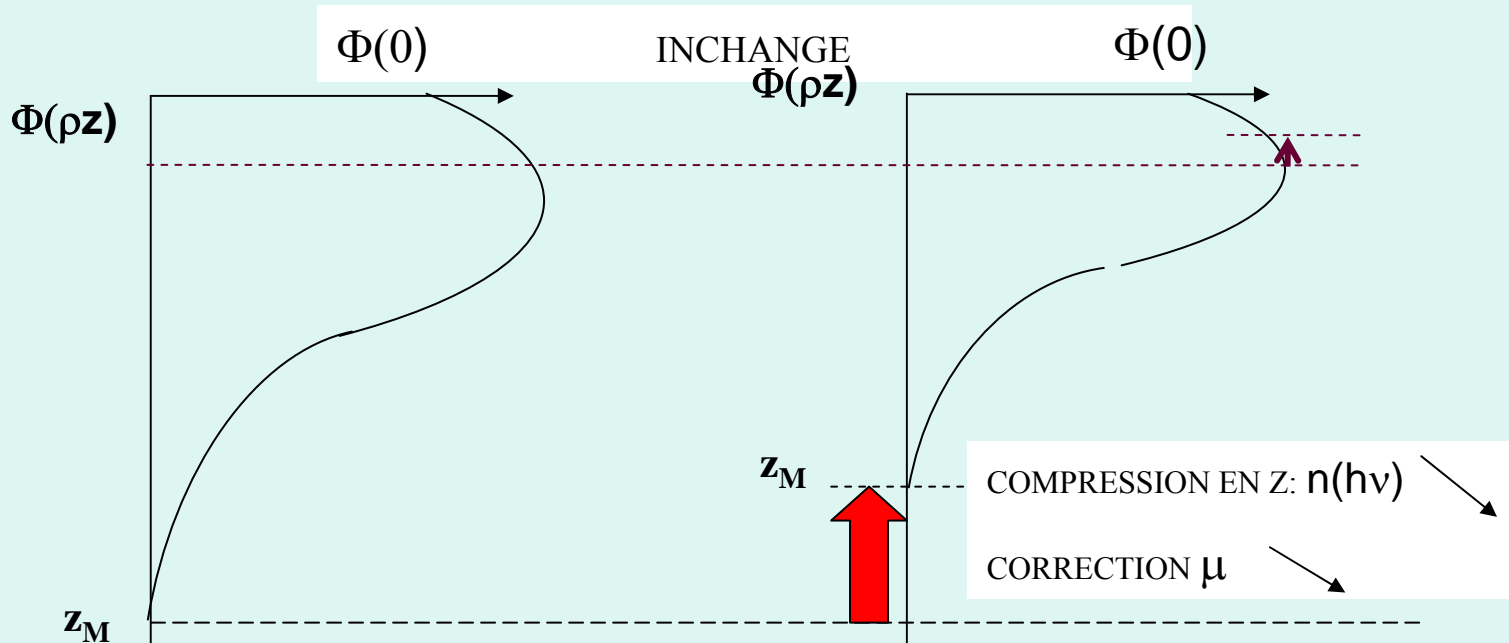
Na $K\alpha$ image at the surface
Autefage & Couderc, J. de Mineral. 103 (1980)

Na $K\alpha$ image 1 μm below the surface



QUESTION OUVERTE : LE CHAMP ELECTRIQUE INTERNE (ralentissement électrique par rapport au ralentissement atomique) EST-IL SUFFISANT POUR DEFORMER SIGNIFICATIVEMENT LA FONCTION $\Phi(\rho z)$?

*** IL N'AGIT PAS SUR $\Phi(0)$ donc en principe pas d'influence sur le signal du revêtement**



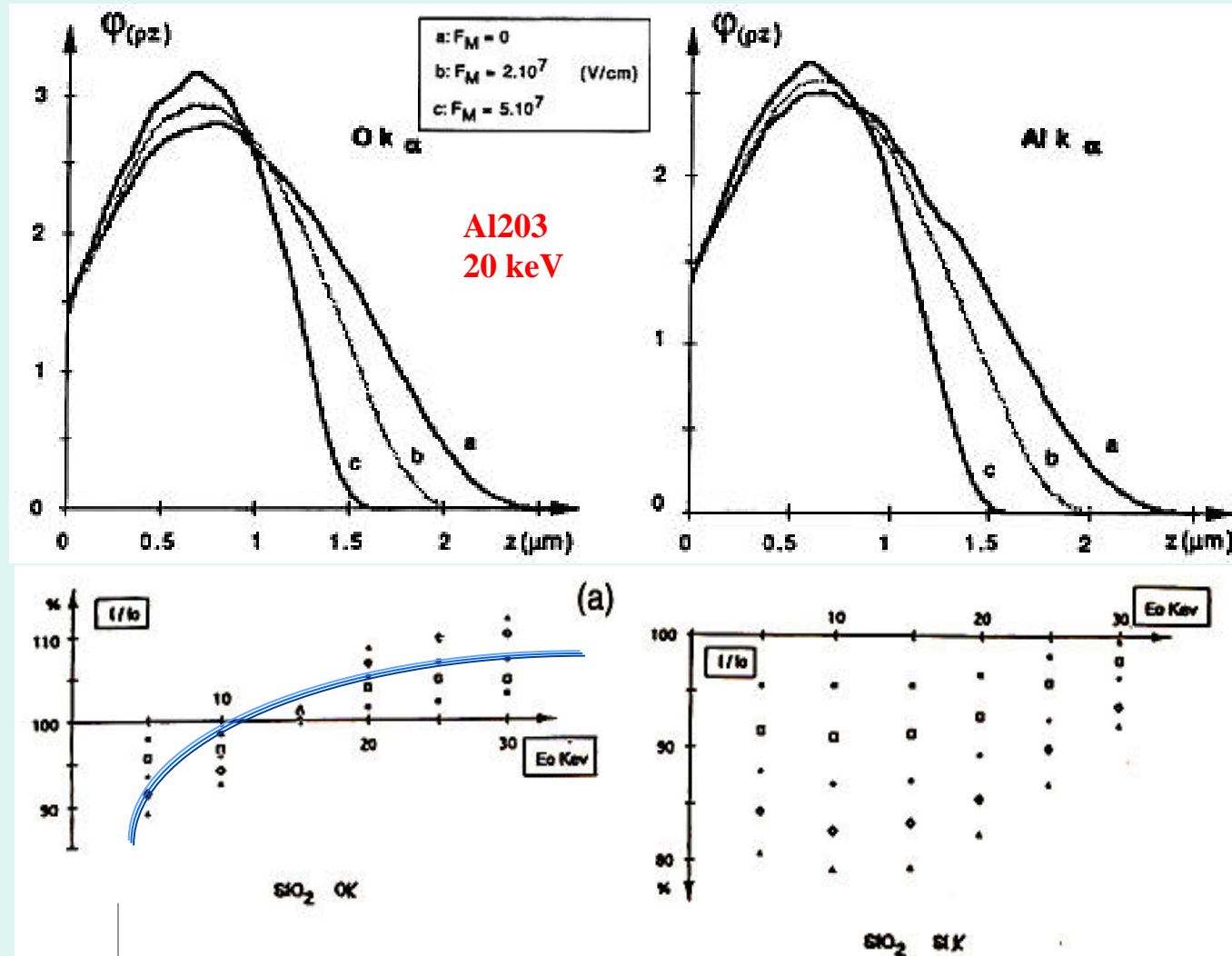
Castaing Thèse: Non car $\Delta V = 10^7 \text{ V/m} \times 1 \mu\text{m} = 10 \text{ volts}$

L' auteur (J. Cazaux X-Ray spectrometry, 25 ;1996; 265)

*Peut -être mais quand $F \sim 10^9 \text{ V/m}$ (diamant; SiC, Silice)

car $F \times 5 \mu\text{m}$ donne $\Delta V \sim 5000 \text{ volts}$ à 30 keV

* il s'agit d'un champ interne sans électrodes



O. Jbara et al. X-Ray Spectrom. 26(1997)291

NEANMOINS PAS D' EVIDENCE EXPERIMENTALE DIRECTE A CE JOUR
BIEN QUE DE TELS CHAMPS $F \sim 10^9$ V/m AIENT ETE INDIRECTEMENT EVALUES (Jbara et al. NIM B 194 (2002) 302)

3 types de problèmes

1° PROBLEME ELECTRIQUE.

ESSENTIEL : CONTINUTE ELECTRIQUE DU REVETEMENT ET MISE A LA MASSE

La résistivité ohmique du film n'est pas un facteur essentiel et elle est facilement mesurable

$$R \sim (1/2\pi\gamma e) \ln(D^\circ/d^\circ)$$

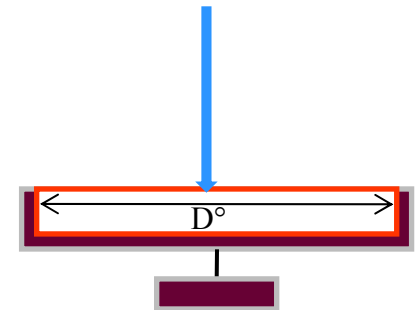
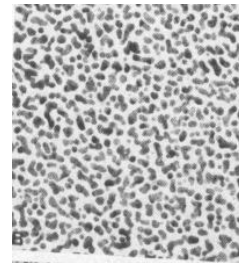
$R \sim 1 \text{ M}\Omega^*$ pour $e = 1 \text{ nm}$; $R^\circ = 1 \text{ cm}$; $r^\circ \sim 1 \text{ micron}$ et $\gamma = 10^4 \text{ }\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$

$V = RI \sim 1 \text{ volt}$ pour $I^\circ \sim 1 \text{ }\mu\text{-amp.}$

mais sa continuité et sa mise à la masse l'est

Contrôle par la limite de DH recommandée

(Pas de film plutôt qu'un mauvais film)

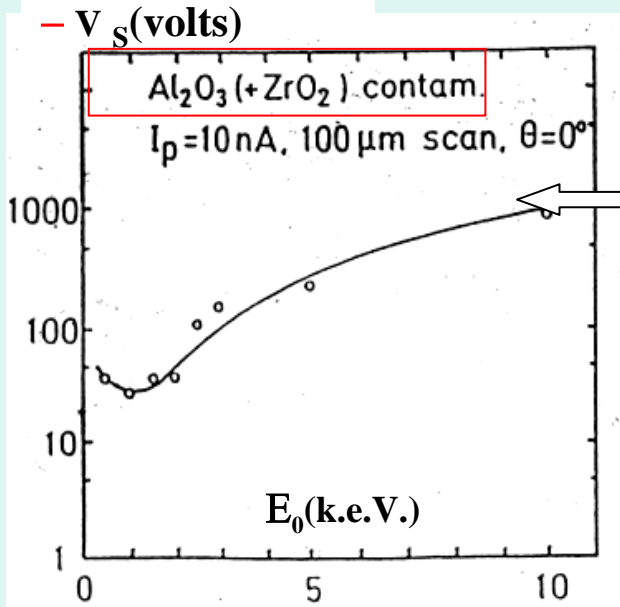


***En général $R \sim 1-10 \text{ M}\Omega$ (Claude Merlet)**

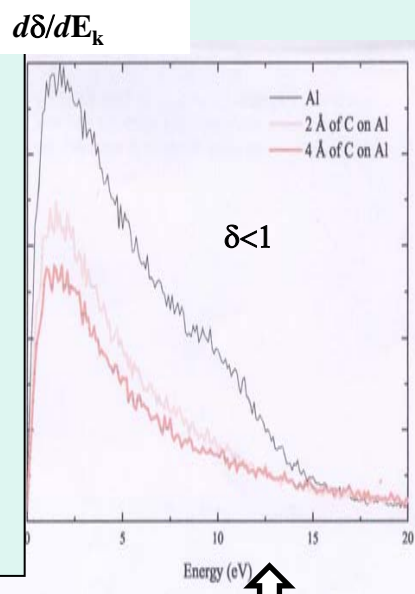
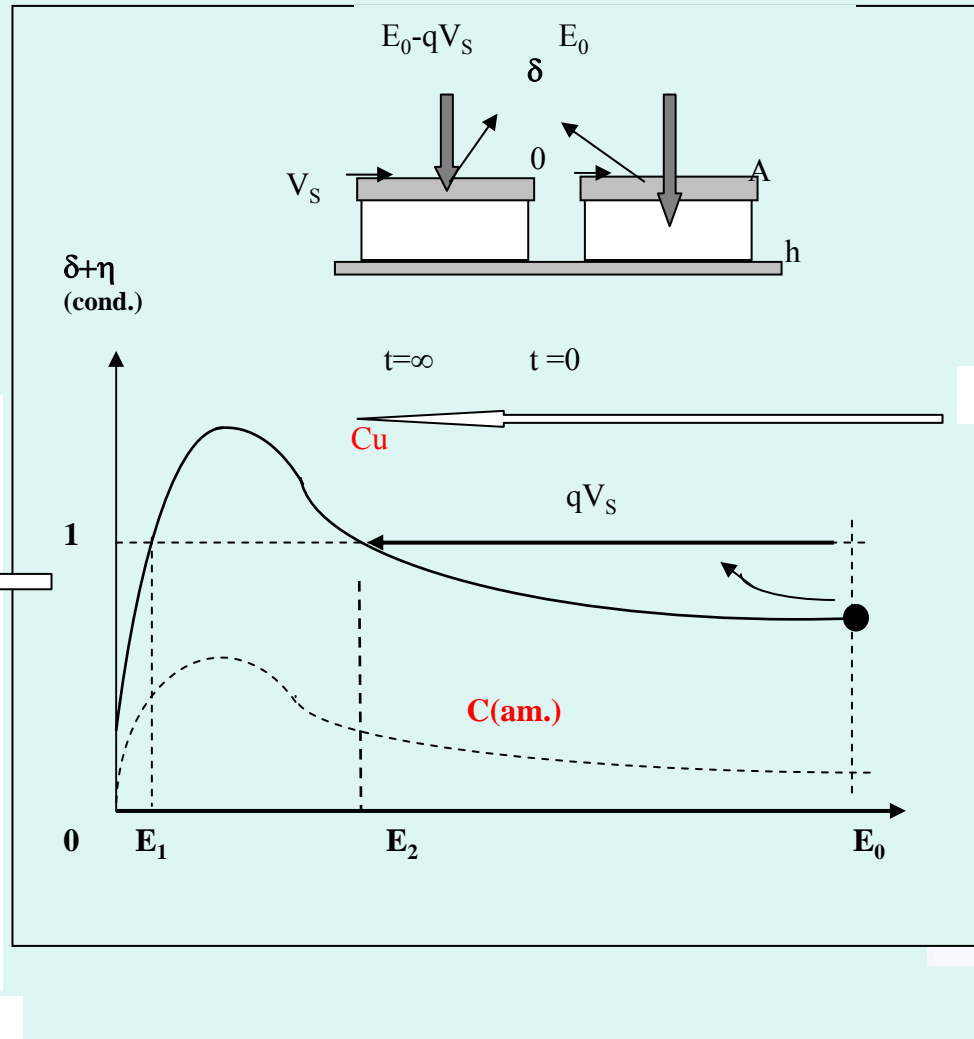
ELECTRODE FLOTTANTE (METALLISATION NON A LA MASSE OU CONTAMINATION SUPERFICIELLE)

Dans ce cas électrons et trous peuvent se recombinaer dans la couche métallique

MAIS V_s peut être plus négatif que pour l'isolant nu.



S. Hofmann, J. Elect. Spec. 59, 1992, 15



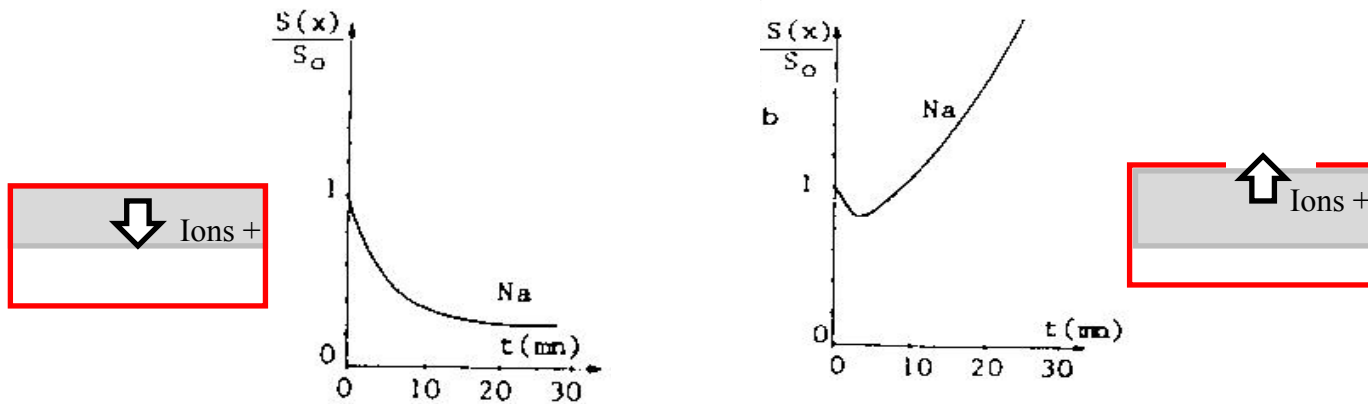
C'est en particulier le cas d'une couche de contamination ou V_s est négatif à toutes les énergies car $E_2^{\circ}(\text{métal})=0$

PAS DE METALLISATION VAUT MIEUX QU'UNE MAUVAISE METALLISATION

QUELLE METALLISATION QUEL REVETEMENT ??

2° PROBLEME THERMIQUE ; MECANIQUE ; MOUILLABILITE; OXYDATION (Cr)

Exemple en microsonde: le point de fusion (Au: 1060°C; Cr:1860°C; C:3370°C)



MP Borom et RE Hanneman J. Appl. Phys. 38(1967)2406

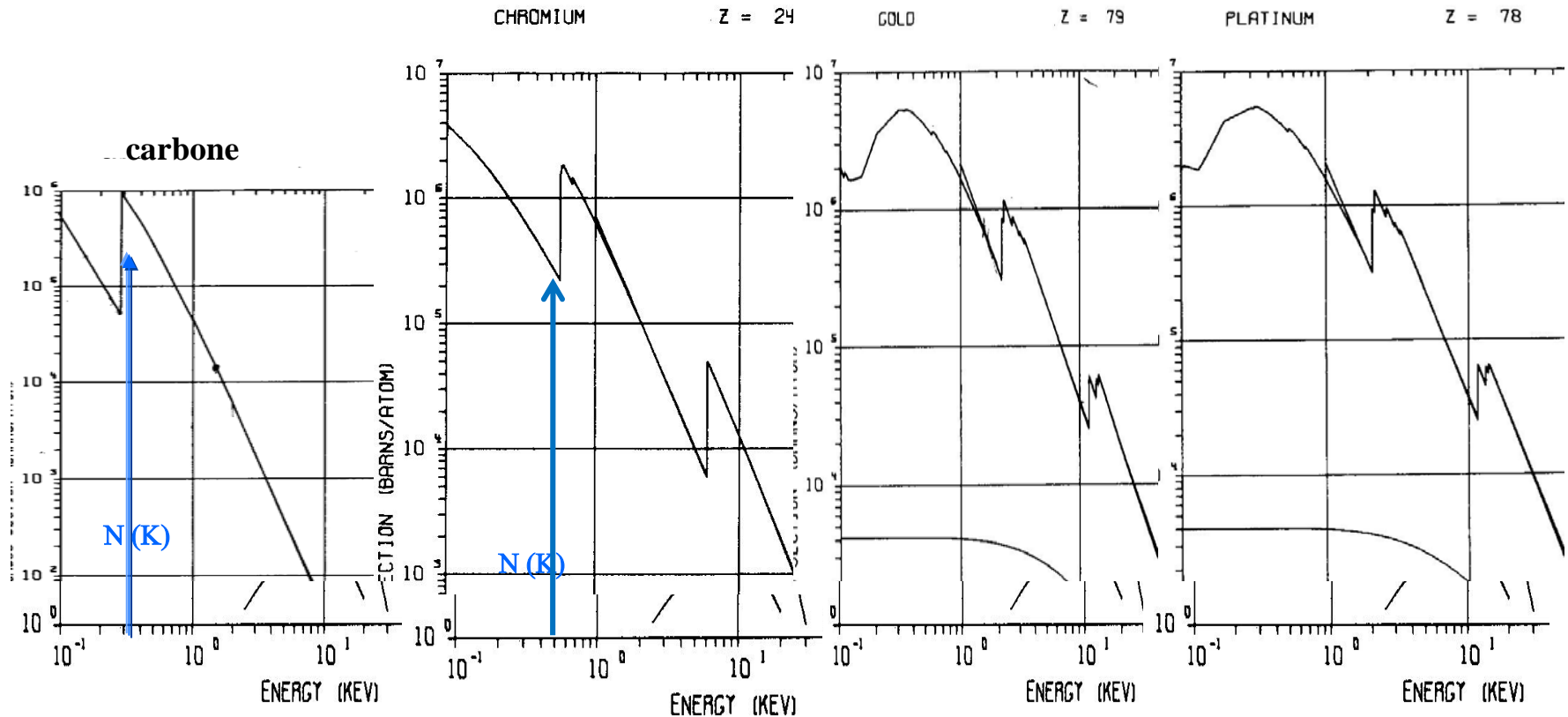
QUELLE METALLISATION QUEL REVETEMENT ??

3° PROBLEME ANALYTIQUE: (Elements légers; radiations molles)

CORRECTION D'ATTENUATION DU REVETEMENT:

a: Avec témoins métallisés simultanément b: sans témoin

(voir exposés Claude Merlet et Lahcen Khouchaf)

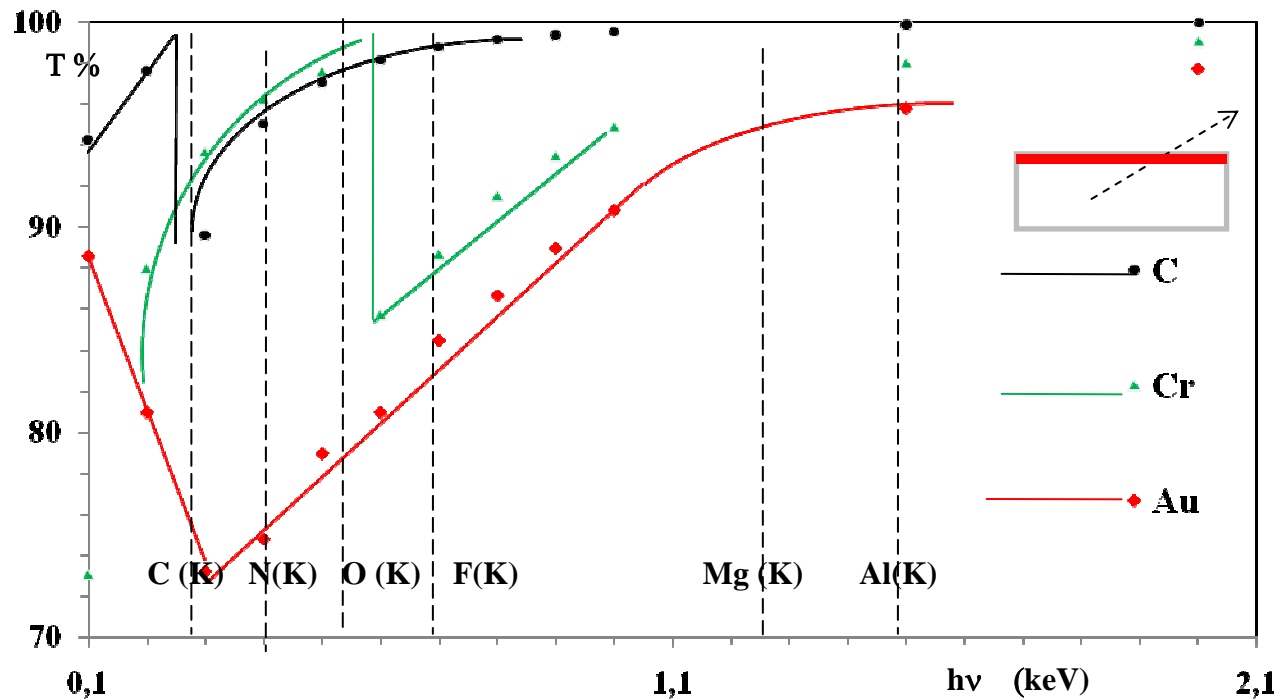


Exemple : un revêtement de Cr peut s'avérer plus approprié pour détecter le C (bien sur) et l'azote

QUELLE METALLISATION QUEL REVETEMENT ??

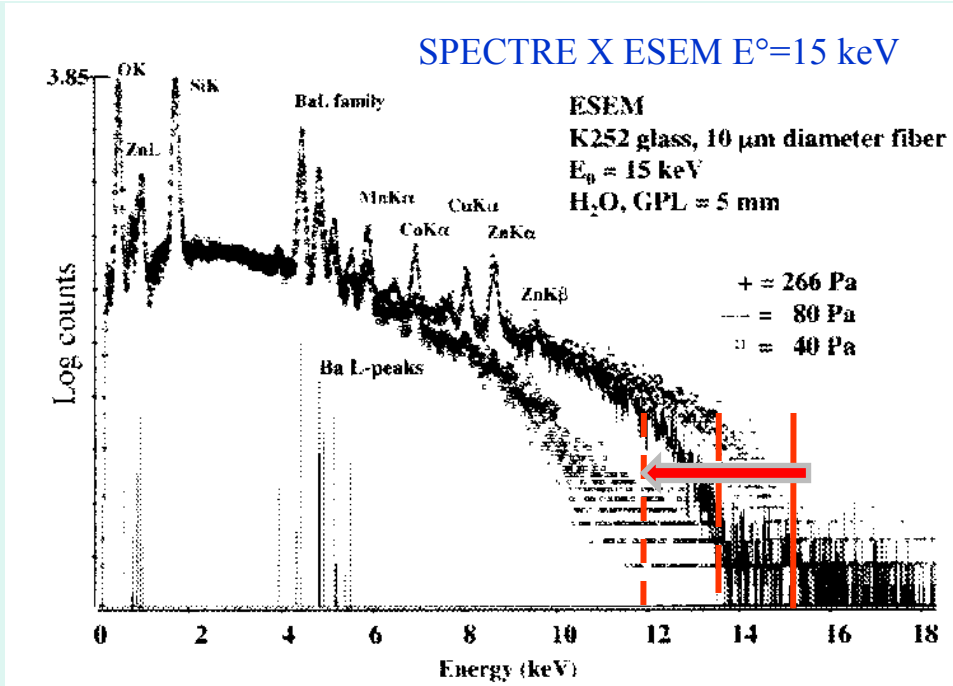
**Calcul : $T = \exp(-\mu t)$ avec $t = 10$ nm;
en réalité: Au ~3nm; Cr~5 nm; C~20 nm**

Pour μ source WM J Veigélé ; Kaman Science Corp 1971



Exemple : un revêtement de Cr peut s'avérer plus approprié pour détecter le C (bien sur) et l'azote

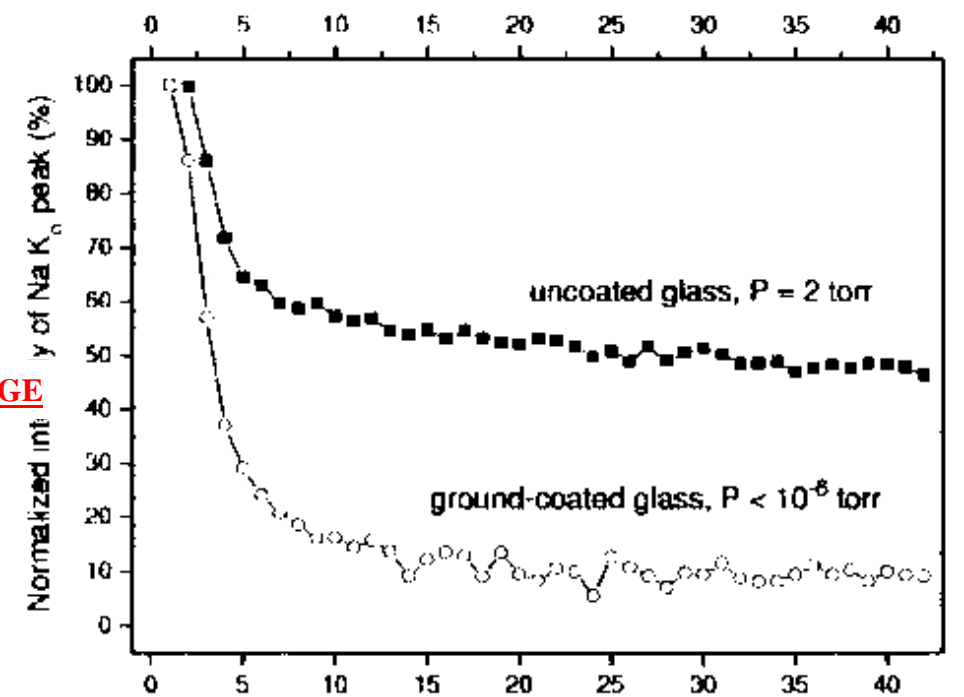
BIEN SUR, LE POTENTIEL DE SURFACE DEPEND DE LA PRESSION: AUTRE INTERET DE LA MESURE DE LA D. H.



D E Newbury, Microsc. & Microanal.10 (2004) 739

L'ESEM EST DONC LE SIEGE DE QUELQUES EFFETS DE CHARGE

ET POUR LES VERRES LE SIGNAL X DU SODIUM DECROIT



B.L. Thiel, M. Toth, J.P. Craven Microsc. & Microanal.10 (2004) 711

1° POUR LES VERRES , RETENIR LA DOSE CRITIQUE $\sim 1 \text{ C/cm}^2$

2° NOTER QUE la décroissance du signal des ions positifs (cf NaK α)

entraîne la croissance des signaux X des atomes immobiles (cf : Si et de O) :

Normal car R croit quand ρ diminue.

i) Cette remarque s'applique même quand les espèces mobiles + sont indétectables (H, Li)

ii) Les ions mobiles – ,F, Cl, dans PVC par exemple vont en sens inverse .

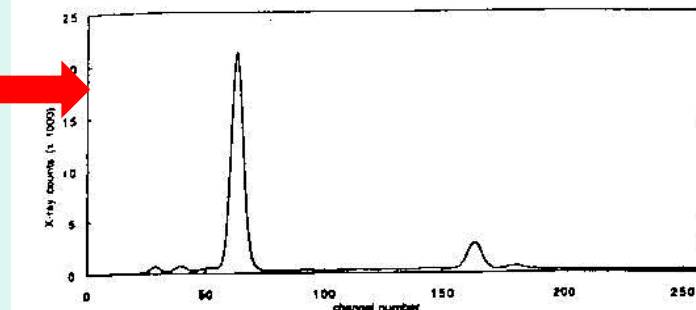
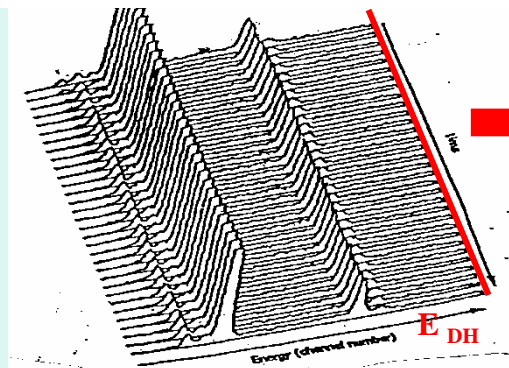
3° PREALABLE A TOUTE MICROANALYSE DES ISOLANTS :

S'assurer que l'intensité relative des différentes raies n'évolue pas au cours de la mesure et que la limite de DH ne bouge pas.

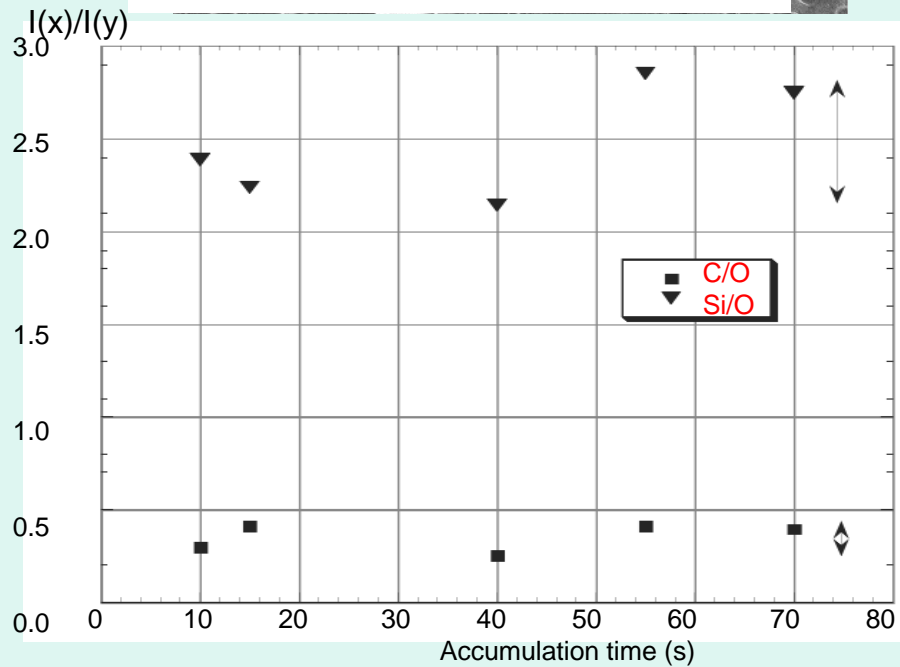
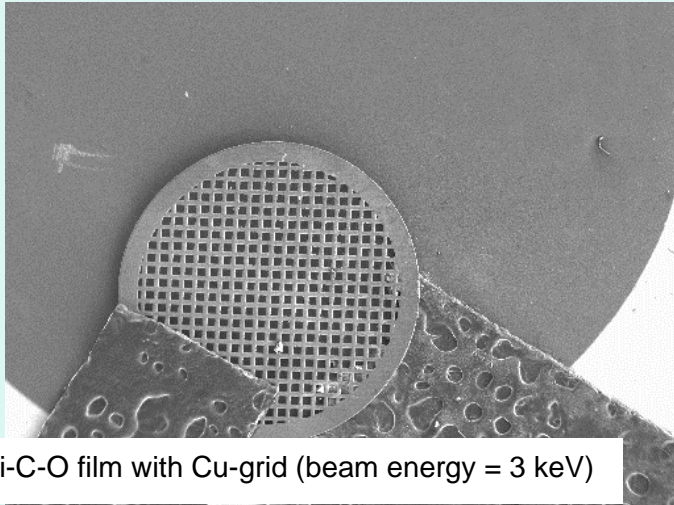
La stratégie qui s'impose est donc l'acquisition séquentielles de séries de spectres pour s'assurer de leur invariabilité au cours du temps.

4° SERIES DE SPECTRES + EXTRAPOLATION VERS LA FLUENCE NULLE

Jbara et al, J.A.P. 78 (1995) 868

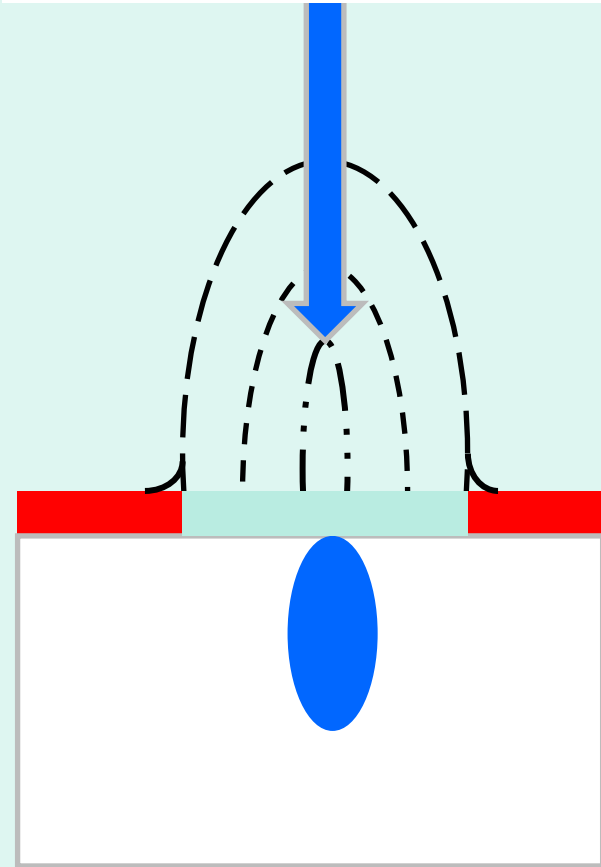


A travers les maille d'une grille ????



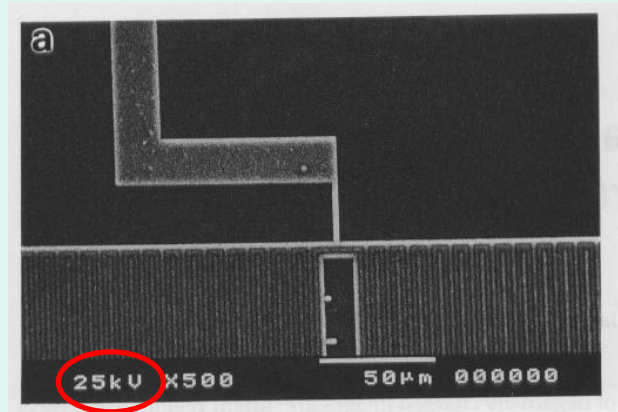
D.E. Newbury Scanning 22, (2000) 345

EFFET LENTILLE ELECTROSTATIQUE SUR LE FAISCEAU INCIDENT

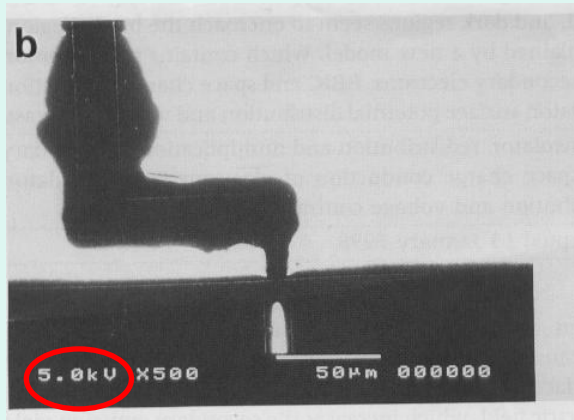


CAS PARTICULIERS : ISOLANTS NON METALLISES ET RELATIVEMENT PEU EPAIS

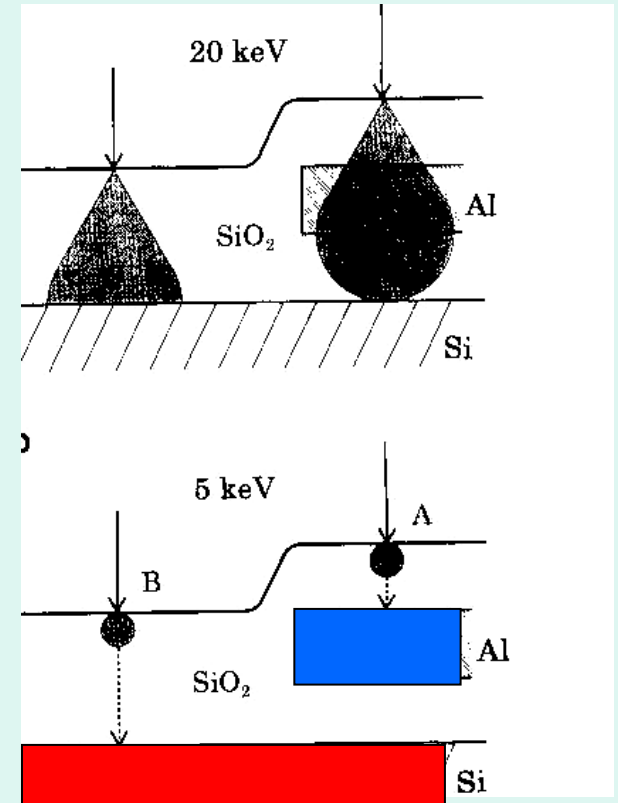
SI, POUR LES ECHANTILLONS MASSIFS, UNE STRATEGIE CONSISTE A ABAISSER L'ENERGIE PRIMAIRE, L' INVERSE PEUT ETRE INDISPENSABLE POUR LES COUCHES ISOLANTES PEU EPAISSES



$E^{\circ}=25 \text{ keV}$



$E^{\circ}=5 \text{ keV}$



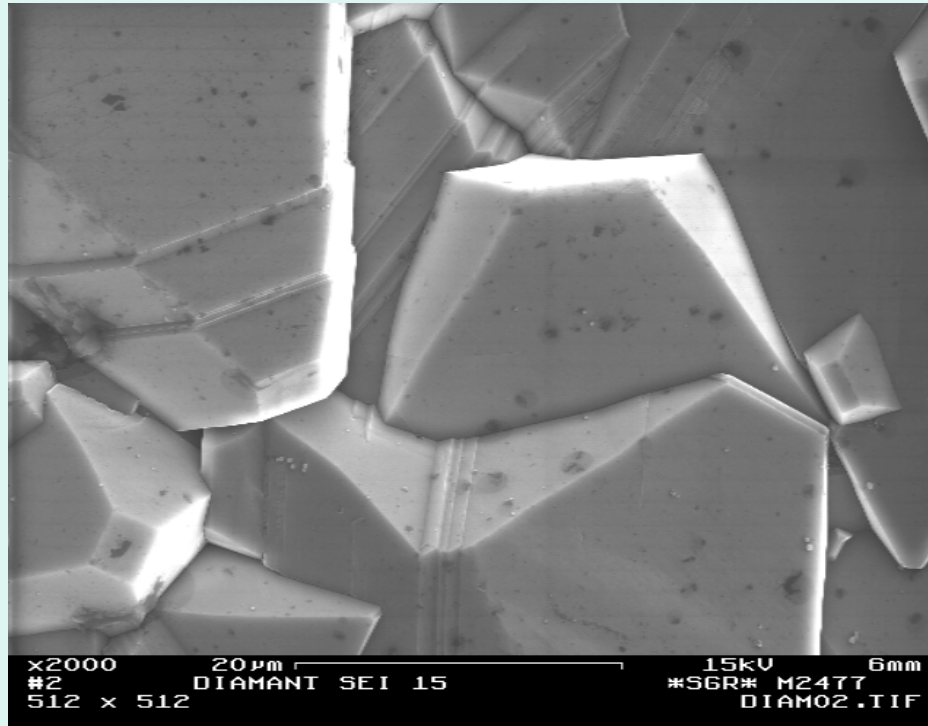
K. Ura, Journal of Electron Microscopy 47 143-147 (1998)

QUAND R DEVIENT $\gg h$, LES ELECTRONS PEUVENT ETRE EVACUES PAR UN SUBSTRAT A LA MASSE

argument pour amincir l'échantillon

CAS SPECIFIQUES Le pire n'est jamais sûr :

DIAMANT EXAMINE A 15 keV SANS PROBLEME



Conductivité superficielle induite par dopage 'p' par H moléculaire lors de l'élaboration

4° STRATEGIES (suite) et 5° CONCLUSION

0° UNE PRECAUTION : NE JAMAIS ANALYSER 2 FOIS LA MEME ZONE

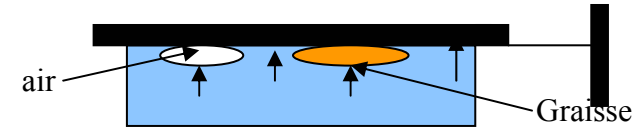
(les charges piégées résiduelles Q-ΔQ peuvent rester des mois!!!!)

1° DEFOCALISER ET AMINCIR L'ECHANTILLON

2° QUALITE DU CONTACT ENTRE L' ISOLANT ET LE REVETEMENT

ET ENTRE LE REVETEMENT ET LA MASSE

(permettre l'évacuation de la plupart de électrons)



Donc Mesure systématique de DH

CONTRÔLE: ACQUERIR UNE SERIE SEQUENTIELLE DE SPECTRES: POUR S'ASSURER DE L' INVARIABILITE DES SPECTRES (RAPPORT DES RAIES) ET DE LA LIMITE DE D.H. AU COURS DU TEMPS .

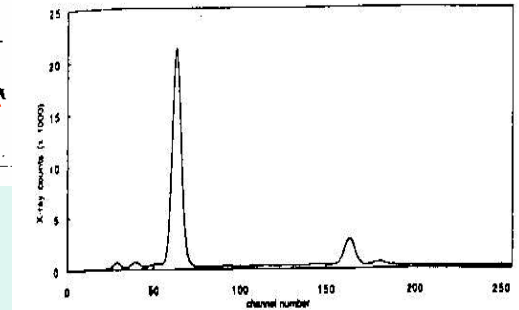
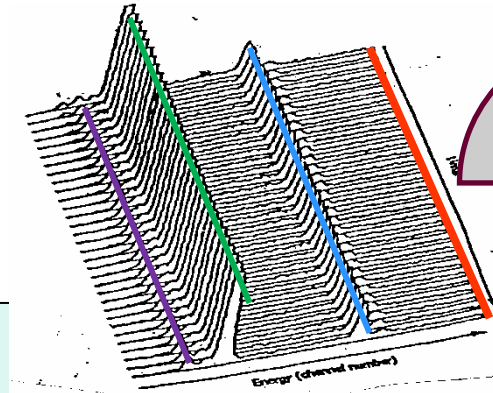
SI OUI:

i) Sommer les spectres pour améliorer la statistique

SI NON .

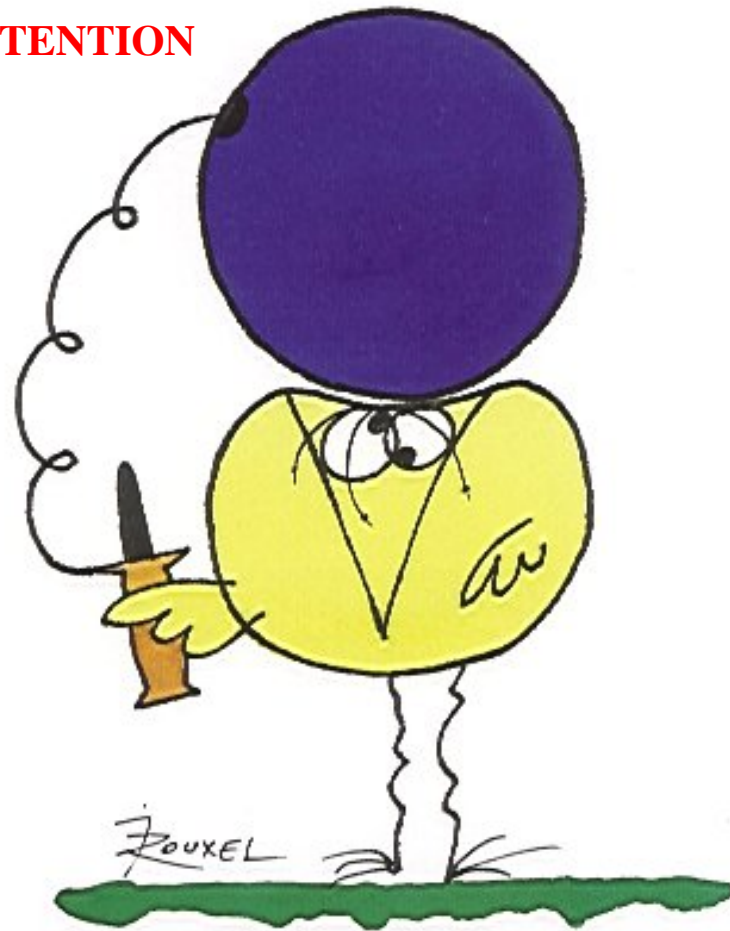
ii) Revoir la qualité de la métallisation

ou EXTRAPOLER JUSQU' À la Dose =0



Les devises Shadok

MERCI DE VOTRE ATTENTION



Clin d'œil à Jacky Ruste

EN ESSAYANT CONTINUUELLEMENT
ON FINIT PAR RÉUSSIR. DONC:
PLUS ÇA RATE, PLUS ON A
DE CHANCES QUE ÇA MARCHE.

ECHANTILLON NON METALLISE

*AGIR SUR L'ECHANTILLON:

- ° L'AMINCIR
- ° LE CHAUFFER (sauf pour les polymères)
K Ogura et al. ICEM 13 (1994) 129
- ° EXPOSITION A L' AIR OU A L' OZONE (pour les oxydes)
S. Ichimura et al. CSC3 (1998) 100

*AGIR SUR LES CONDITIONS EXPERIMENTALES:

- ° BAISSER L' ENERGIE PRIMAIRE;
- ° REDUIRE LA DOSE
- ° OPERER A INCIDENCE OBLIQUE
- ° UTILISER UN CANON A ELECTRONS rltvmt LENTS (1 keV) NEUTRALISANT LES ELECTRONS
(**efficace en ESB des minéraux:** Morin et al. *J. of Physics E*, **9** (1976) 1017)
- ° ALTERNER RAPIDEMENT LES IMAGES A HAUTE (charge -) ET BASSE ENERGIES (charge +)
- ° REMPLACER LE BALAYAGE LIGNE PAR UNE EXPLORATION ALEATOIRE DES PIXELS
KW Lee.et al., *Scanning* **22**,(2000) 112
- ° UTILISER DES IONS (eventuellement ceux de la jauge à vide)
et L' ESEM (bien sur)

* TRAITEMENT DES SPECTRES ET DES IMAGES

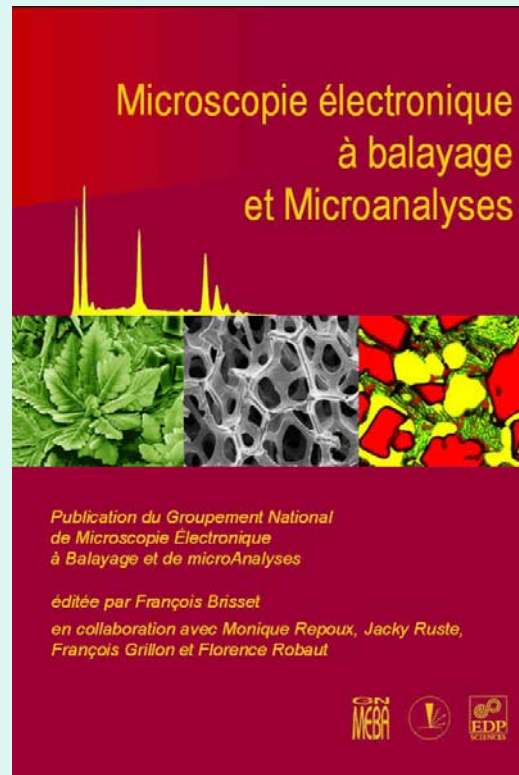
- _ Analyse factorielle (extrapolation à dose nulle).

NE PAS OUBLIER: NE JAMAIS RE-IRRADIER UNE ZONE PREALABLEMENT IRRADIEE

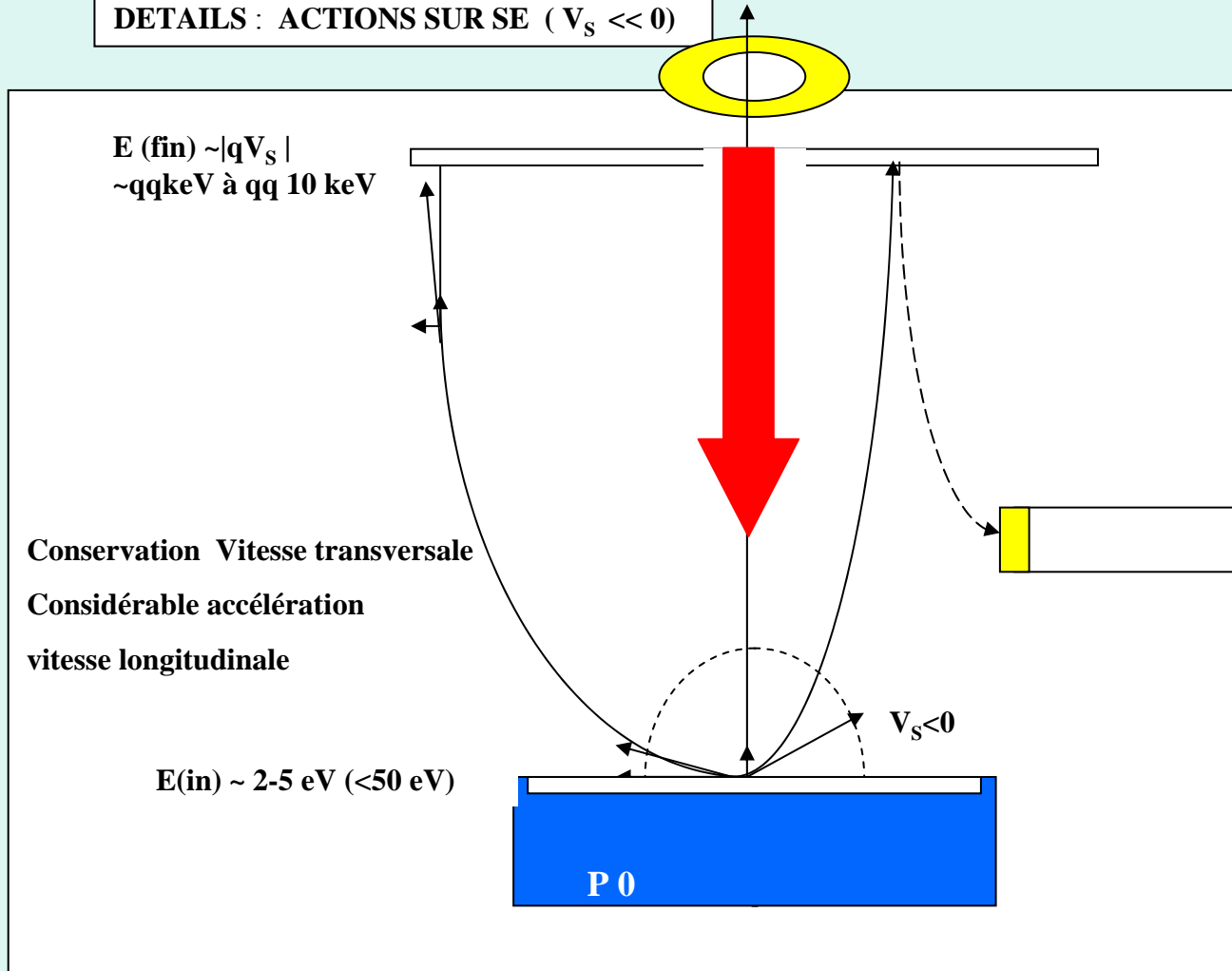
MERCI DE VOTRE ATTENTION

QUESTIONS, COMMENTAIRES ????

NB: POUR EN SAVOIR PLUS, VOIR:



DETAILS : ACTIONS SUR SE ($V_s \ll 0$)

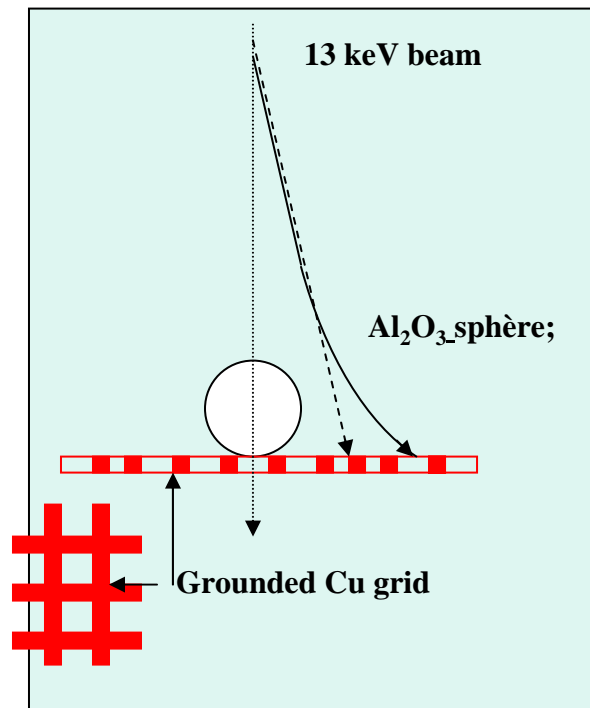
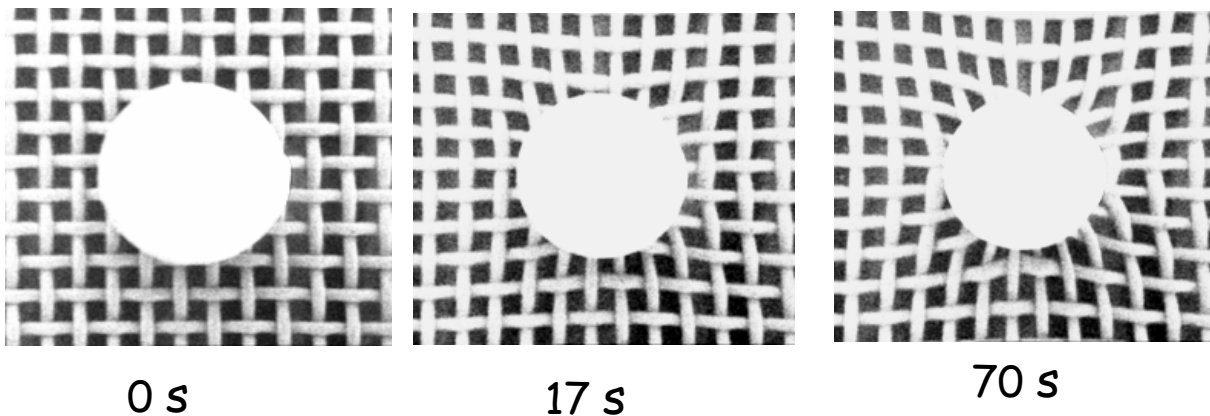


**MODIFICATION CONSIDERABLE DE L' EFFICACITE DES DETECTEURS ET
COLLECTION SIGNAUX PARASITES . INFLUENCE MOINDRE SUR LES RETRODIFFUSES**

3° MODE FOCALISE

V_s NEGATIF: DEFLECTION DES e PRIMAIRES

DISTORSION GRILLE

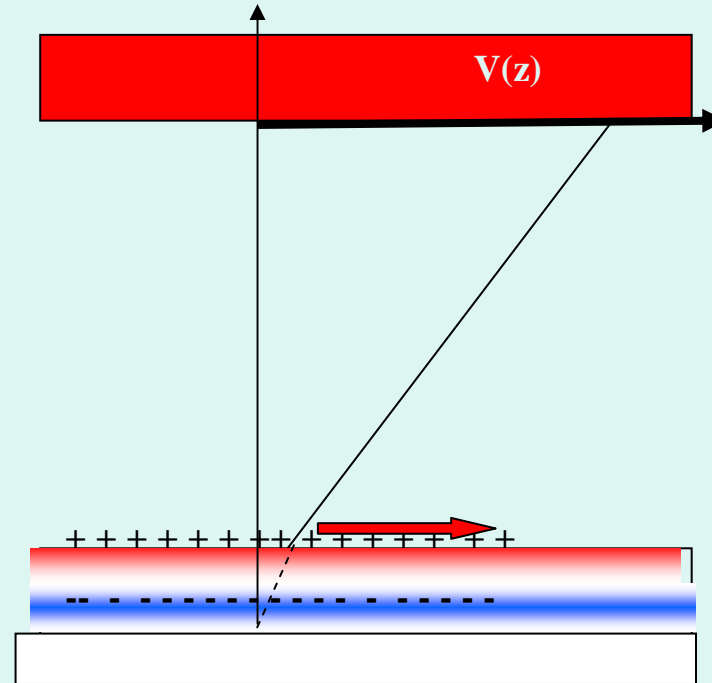
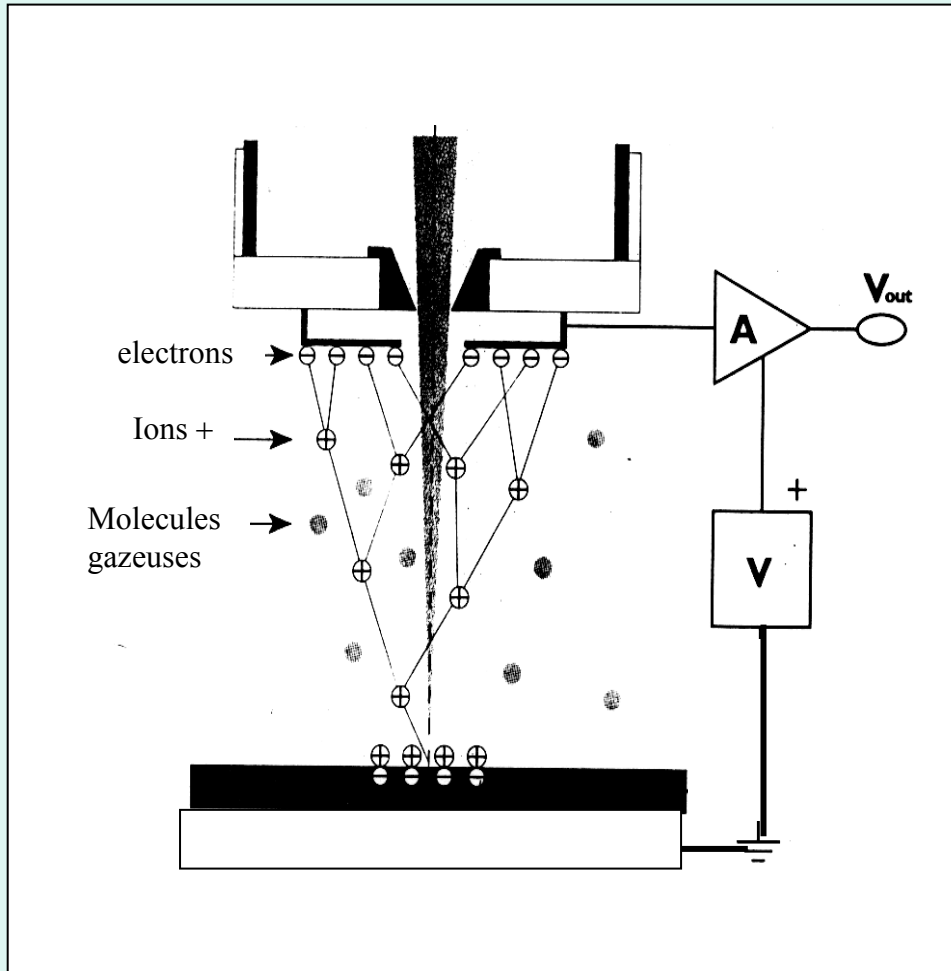


M. Belhadj et al. JAP 85, 2000,2289

Echantillon sphère de saphir: Distorsion dynamique de l'image électronique de l'ensemble grille-sphère sous l'effet du champ électrique.

Conditions d'irradiation : $V_{ac} = 13$ kV, $I_0 = 3$ nA.

DEPOTS (?)D'IONS : QUELQUES MOTS SUR L' ESEM



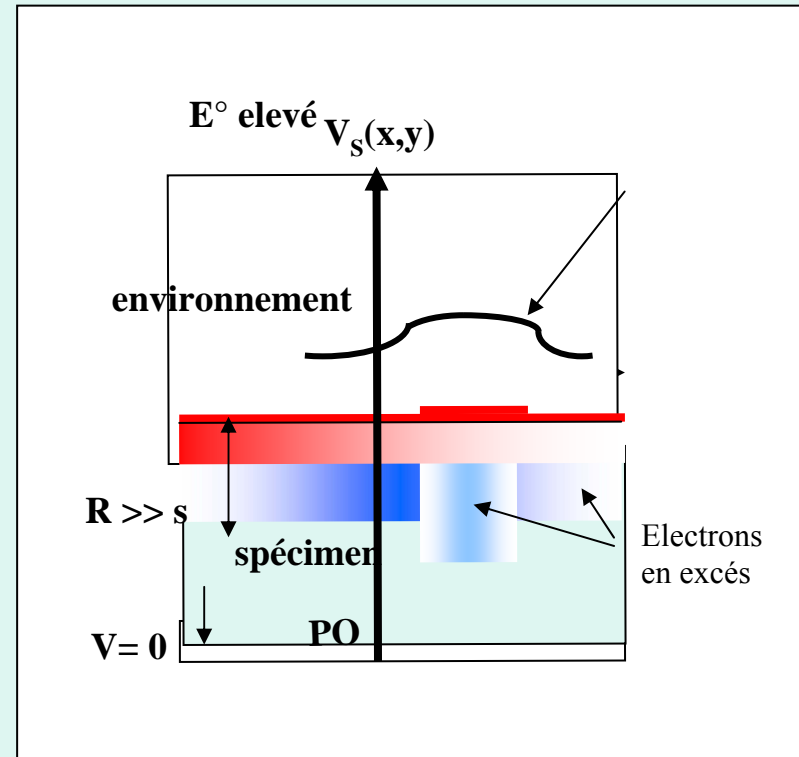
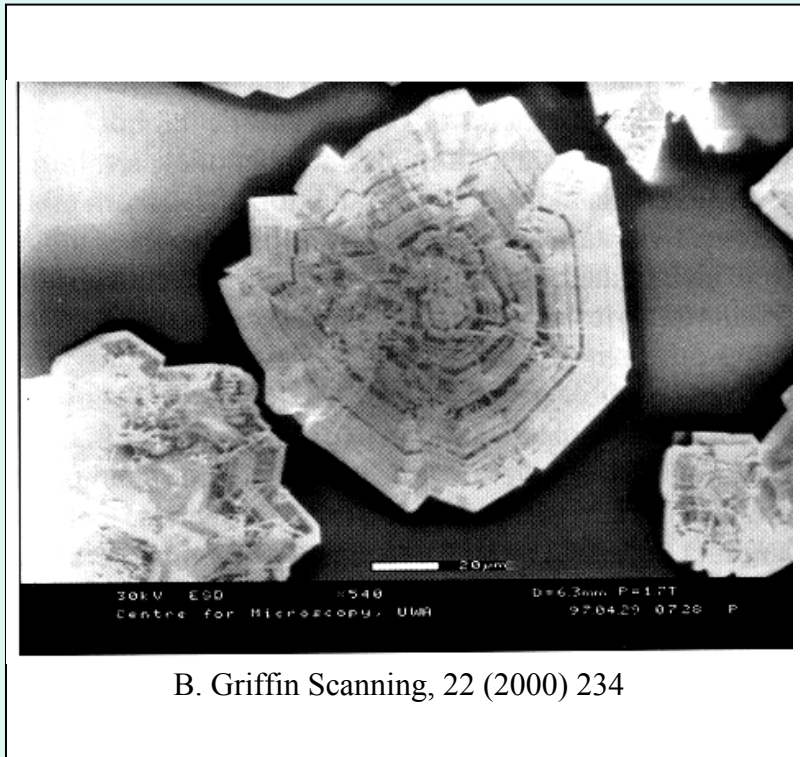
V_s est different de zero.

Modèle à 3 couches : ions+; SEE +; e -.

J.Cazaux, Microsc. & Microanal 10, 2004, 670

**LE POINT ESSENTIEL EST QUE LA REFERENCE DE POTENTIEL EST LE PORTE OBJET
LE POTENTIEL DE SURFACE PEUT ETRE DIFFERENT DE ZERO ET CHANGER LOCALEMENT**

UN EFFET SPECIFIQUE: CHARGE CONTRAST IMAGING



$V_s(x,y)$ change de place en place avec la densité des pièges

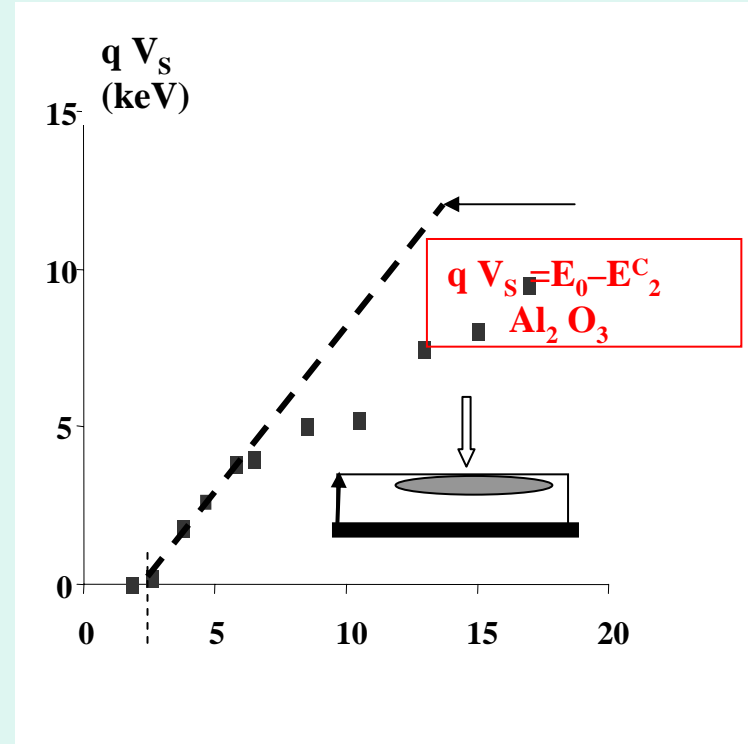
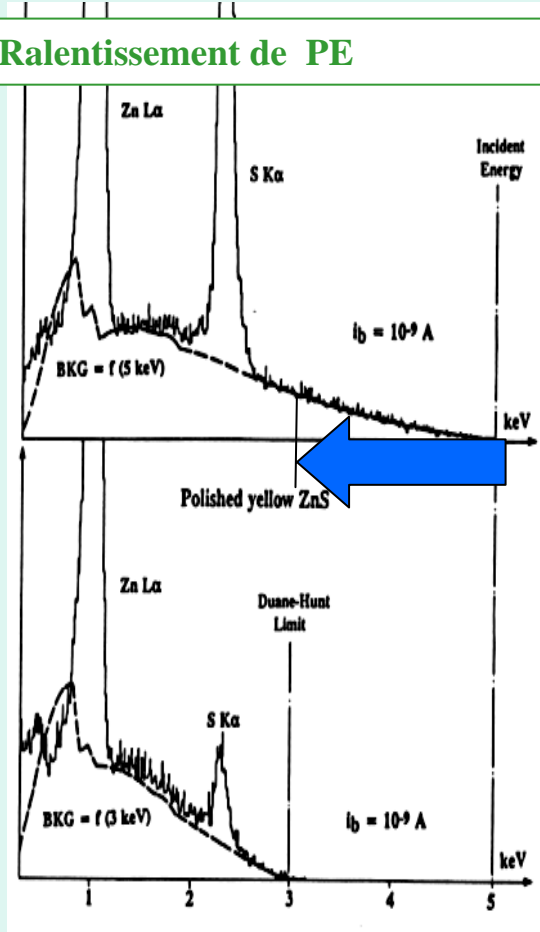
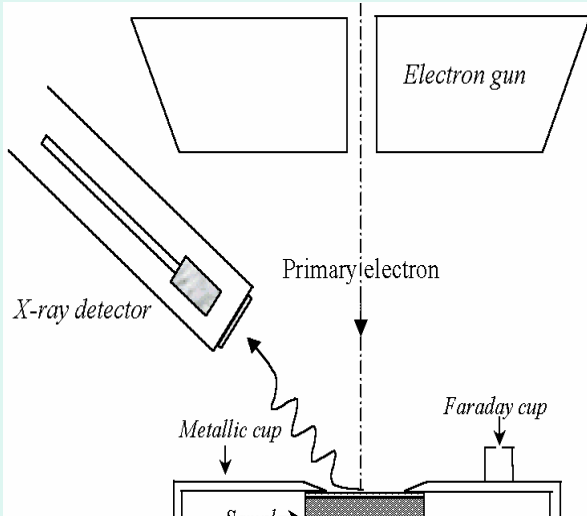
NOTER QUE LA GIBBSITE EST UN DES RARES SPECIMENS A DONNER DES CONTRASTES AUSSI SPECTACULAIRES

AUTRE EXEMPLE DE MESURE DU POTENTIEL DE SURFACE PAR DEPLACEMENT DE LA LIMITE DE Duane H unt (Detecteur solide des Rayons X)

FORMULE : $E_L = E_{(DH)} = E^{\circ} - qV_S$

$V_S = -2 \text{ k.V}$

Ralentissement de PE



G. Remond