

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Non Herméticité des composants EEE

CCT Composants Electroniques

CNES

O. Puig
M. Billot
C. Aicardi

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les sujets étudiés

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais
- Exemples d'applications non hermétiques, haute fiabilité
- Débat sur le fonctionnement du CCT autour du thème "non herméticité"

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Eléments de base

- Définitions
- Phénomènes physico-chimiques mis en jeu
- Caractérisation

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

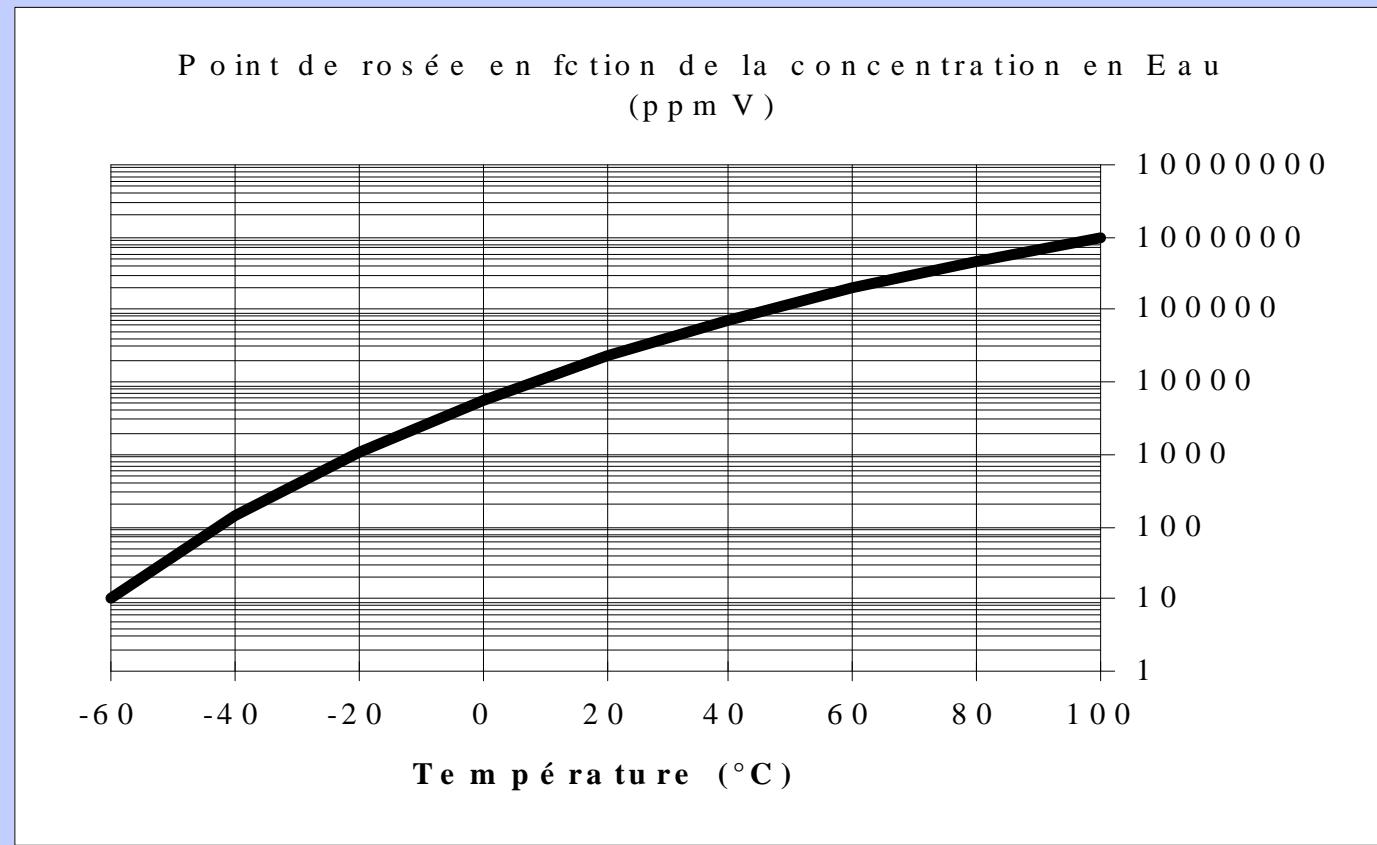
Définitions

- Humidité:
 - Quantité d'eau (vapeur) dans un gaz
 - Plusieurs unités:
 - ppmV (Volume relatif d'eau gazeuse)
 - mg/cm³ (Poids d'eau gazeuse par unité de volume)
- Humidité relative:
 - Quantité d'eau dans le gaz rapportée à la quantité d'eau à saturation, exprimée en %.

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

- Point de rosée
 - Température à laquelle on obtient une condensation de l'eau du mélange donné.



• Eléments de base: Définitions/Caractérisation

• Les composants EEE non hermétiques

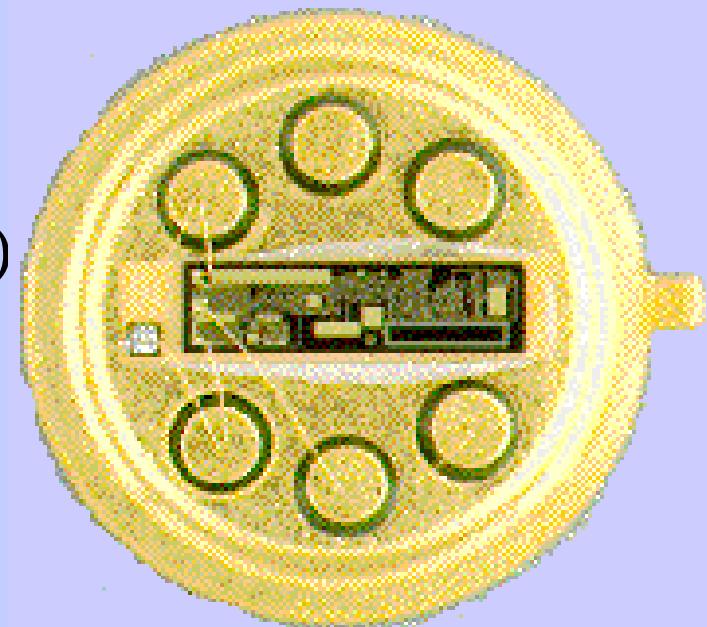
• Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité

• Les protections

• Essais

Caractérisation

- humidité
 - hygromètre (mécanique)
 - Capteur d'humidité (électrique)
 - détection du point de rosée (électrique)
- Tous gaz: principalement:
 - Chromatographie
 - Spectrométrie de masse (utilisée lors des RGA)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

- Etanchéité:
 - Notion très relative (Etanche à l'eau/la poussière,...). D'une manière générale, absence de pénétration d'un corps étranger sous forme liquide ou solide.
- Herméticité (cas des cavités):
 - Absence de pénétration d'un gaz. Mesurée généralement en Atm.cm³/s; une limite à environ 1.10^{-6} est souvent prise. (Dépend du volume de la cavité, et du temps de stockage)

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation

- Les composants EEE non hermétiques

- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité

- Les protections

- Essais

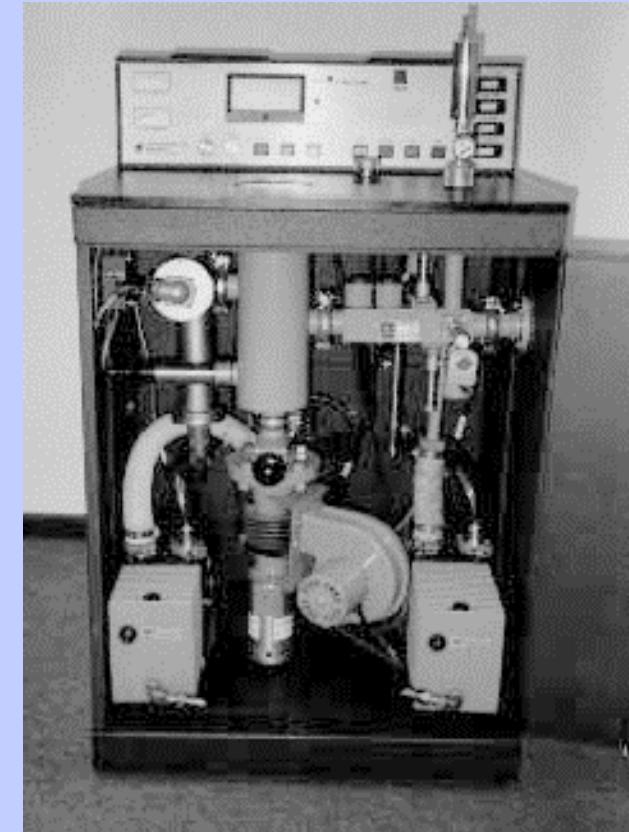
Caractérisation

- Herméticité: grosse fuite
 - Deux principes de mesures:
 - Pressurisation, puis détection d'un composé fluorocarboné (par détection de gaz,)
 - Pressurisation, puis détection d'un traceur dans un bain fluorocarboné
 - Pressurisation, puis détection du gaz dans un bain fluorocarboné à 125°C (visualisation de bulles)
 - Ressuage
 - Prise de poids après pressurisation avec un liquide.
 - Norme: MIL STD 883

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Caractérisation

- Herméticité: fine fuite
 - Deux principes de mesures:
 - Pressurisation, puis détection d'Hélium
 - Pressurisation, puis détection de Krypton
 - Norme: MIL STD 883



Mesure du taux d'Hélium par spectromètre de masse

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

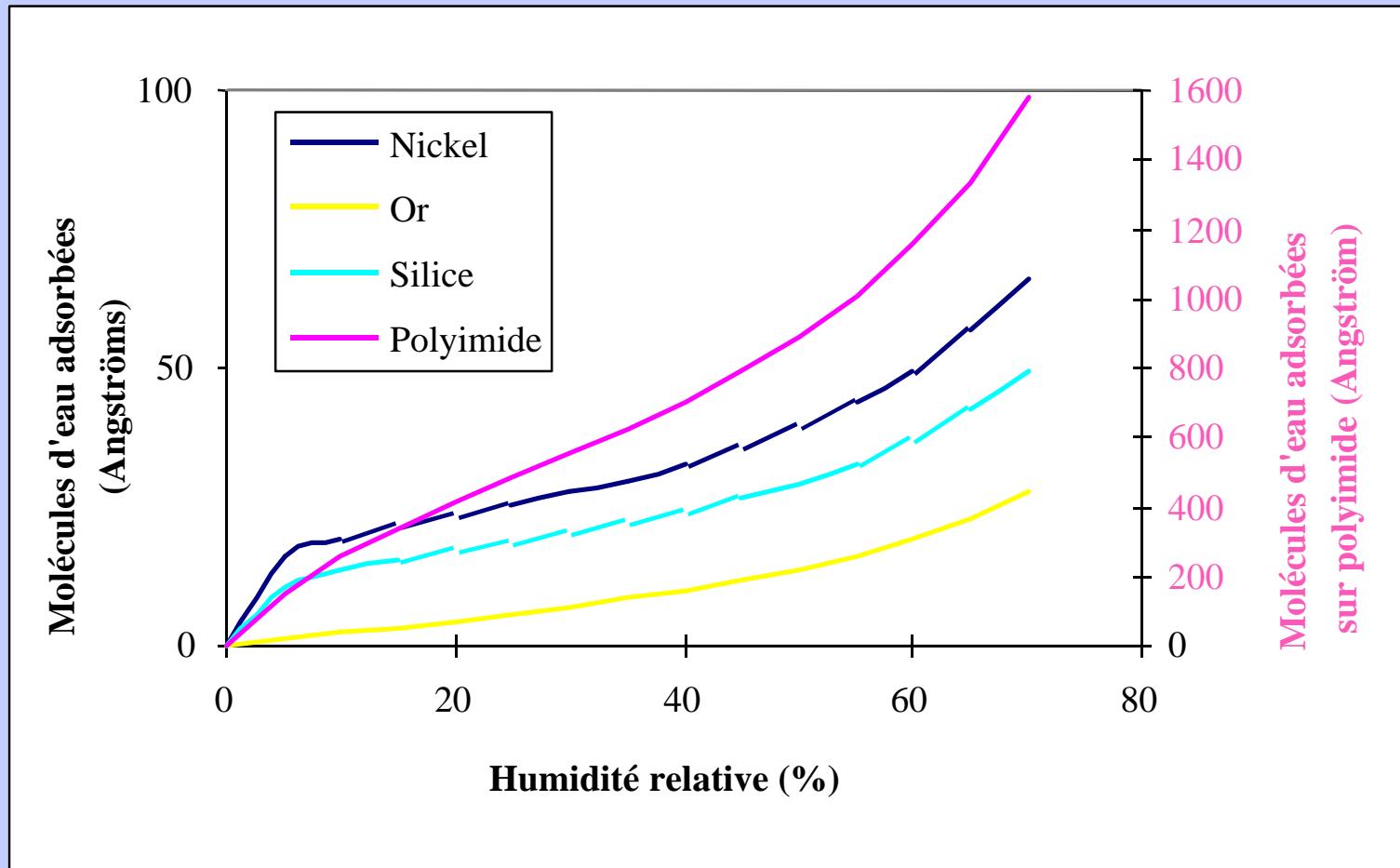
Définitions

- Adsorption
 - Formation de une ou plusieurs couches de molécules sur une surface. Obéit à la loi de BET.
 - Définie par le nombre de couches de molécules adsorbables sur la surface. Dépend:
 - du matériau,
 - des molécules déjà adsorbées,
 - de l'humidité relative,
 - de la température.
 - Regroupe un certain nombre de mécanismes différents (chimisorption, physisorption;...)

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

- Adsorption



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Caractérisation

- Adsorption
 - Plusieurs principes de mesure:
 - Poids (au travers de la fréquence de résonance d'un quartz revêtu du matériau à analyser)
 - Conductivité thermique
 - Conductivité électrique (ex: méthode du dew point)

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

- Absorption
 - Capacité des matériaux à absorber l'humidité.
 - Définie par le coefficient de saturation (souvent en % en poids): quantité d'eau absorbée par le matériau lorsqu'il est soumis à une certaine humidité (en général 100% HR).
 - Dépend, par ordre d'importance:
 - du matériau
 - de la température (loi d'Arrhénius)
 - du vieillissement (température, humidité, temps)
 - de l'humidité relative

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

• Diffusion

- C'est le mécanisme de transport d'une substance dans un matériau.
- Régie (au premier ordre) par les lois de Fick, très similaires aux lois régissant le transport de la chaleur dans un solide.
- Quantifiée par le coefficient de diffusion (cm^2/s)
- dépend (par ordre d'importance relative):
 - de la température (encore Arrhénius)
 - du matériau
 - du vieillissement (température, humidité, temps)
 - de l'humidité relative

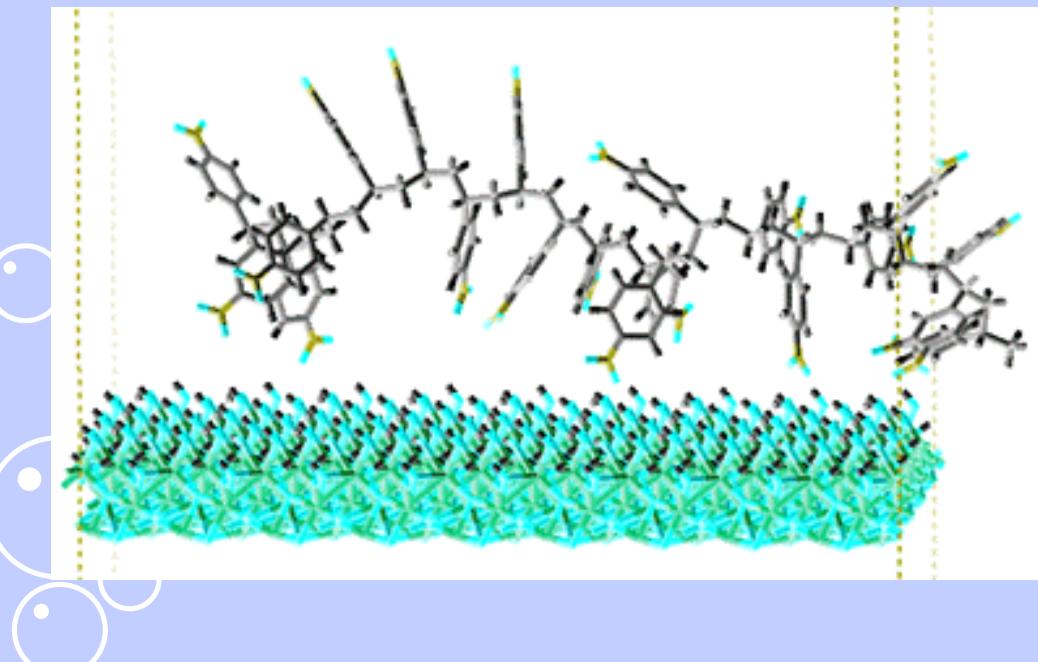
- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

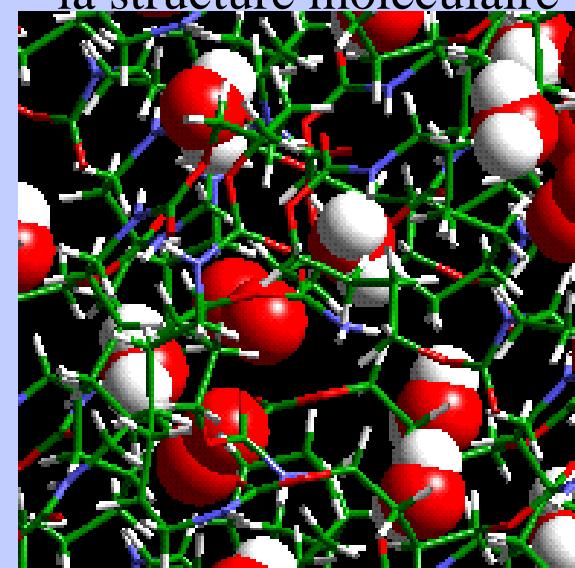
- Adsorption/Absorption/diffusion: propriétés des matériaux

Différentes structures moléculaires=>différentes propriétés

Matériau organique/minéral



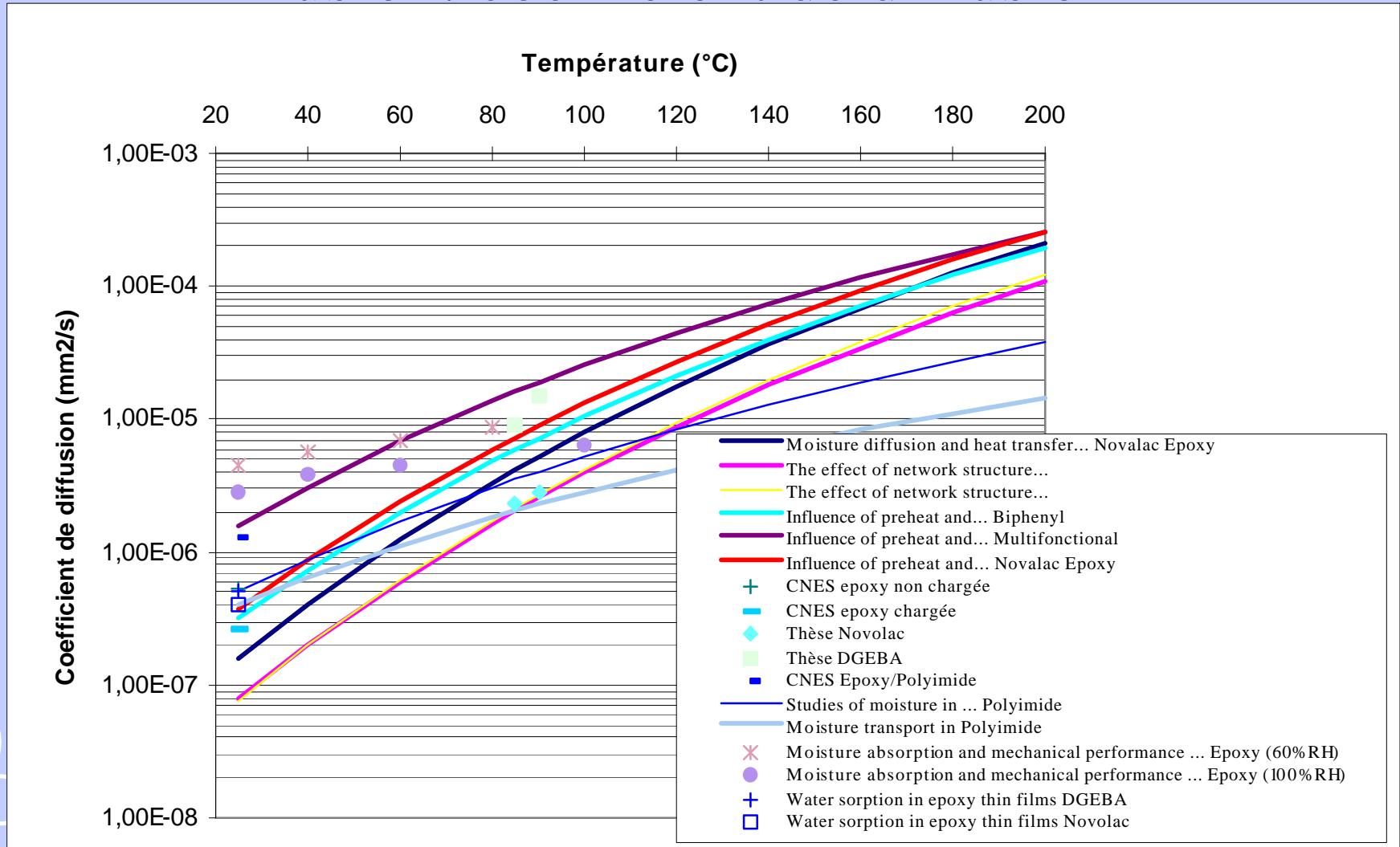
Exemple de possibilité d'insertion de molécules d'eau ou d'Oxygène dans la structure moléculaire



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
 - Les protections
 - Essais

Définitions

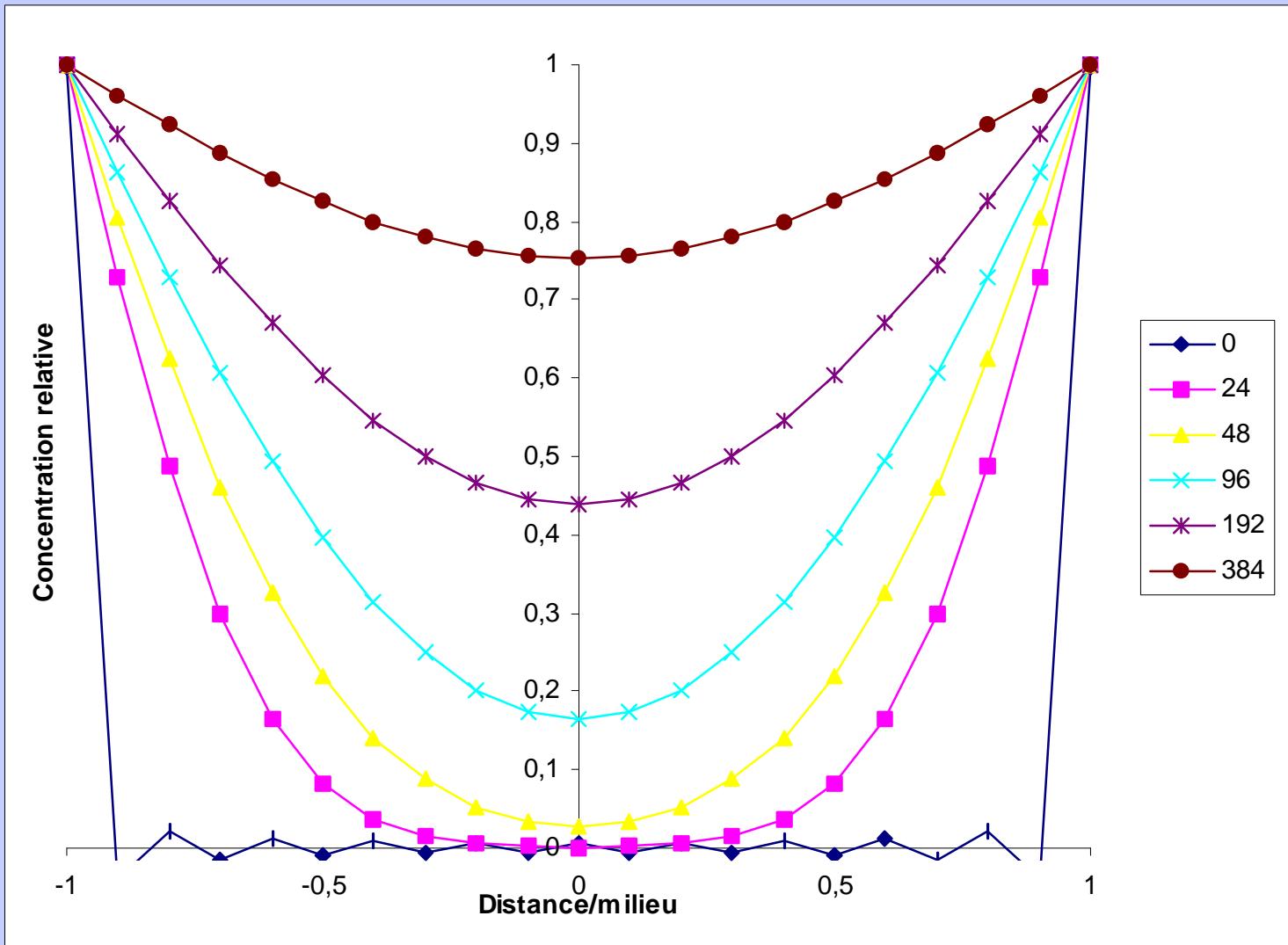
- Diffusion: coefficient de diffusion



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

- Diffusion dans une feuille de 2mm



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Caractérisation

- Diffusion/Absorption

- Mesure de prise de poids de feuilles de matériau, facilement modélisables (1D)

- Solution complète:

$$\frac{Mt}{M\infty} = 1 - \frac{8}{p^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-D \cdot t \cdot \left(\frac{(2n+1) \cdot p}{l}\right)^2}}{(2n+1)^2}$$

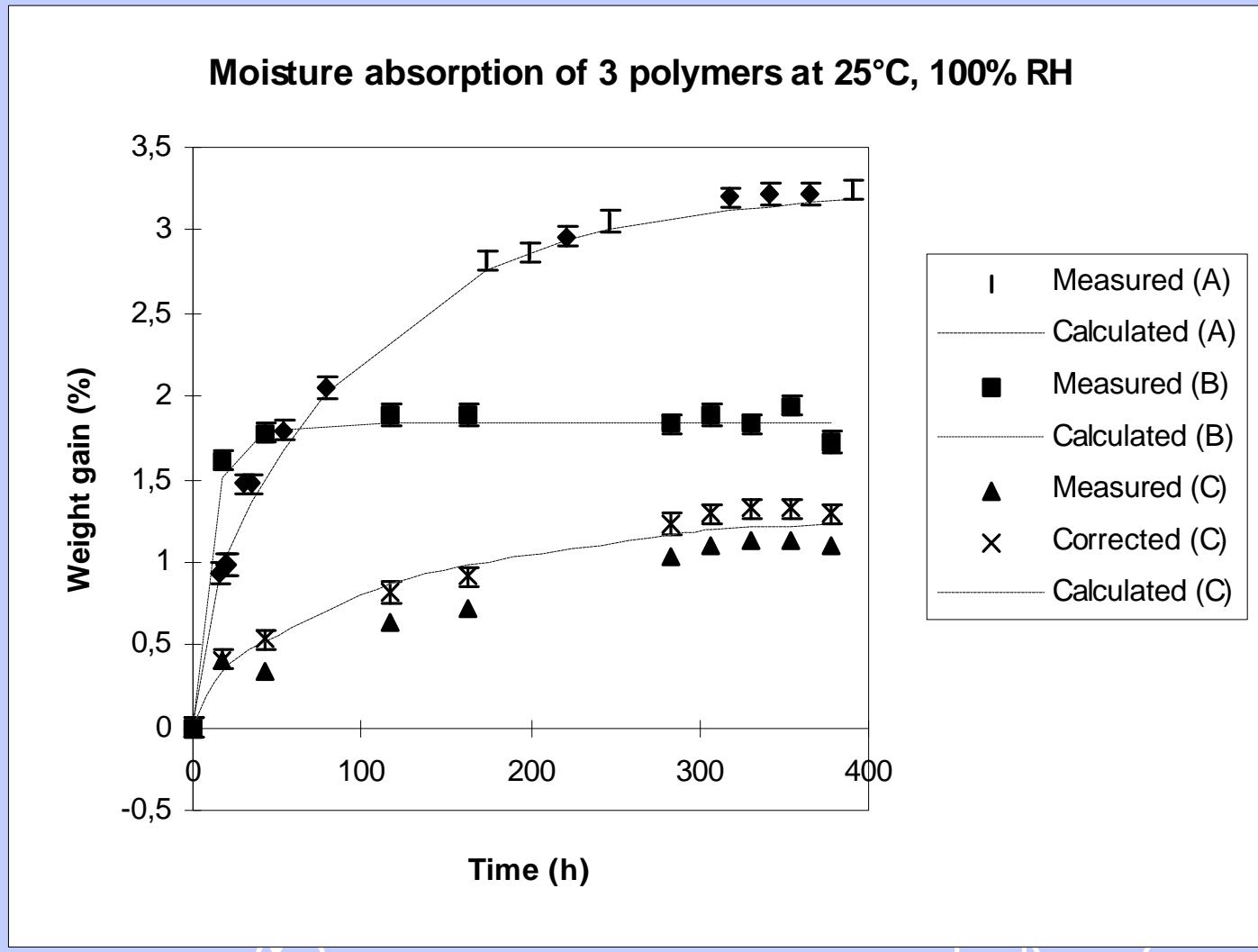
- Solution simplifiée aux petits temps:

$$\frac{Mt}{M\infty} = \frac{4}{l} \left(\frac{Dt}{p} \right)^{1/2}$$

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Caractérisation

- Diffusion/Absorption

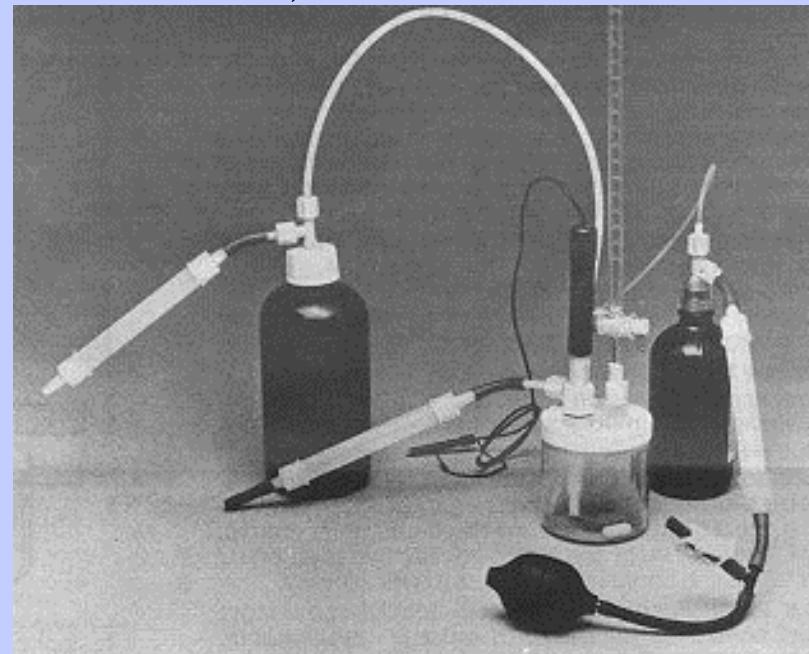


- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Caractérisation

- Absorption

- Détermination de la quantité d'eau absorbée par titrage chimique (Méthode Karl-Fisher)



- u De nombreuses autres méthodes existent

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

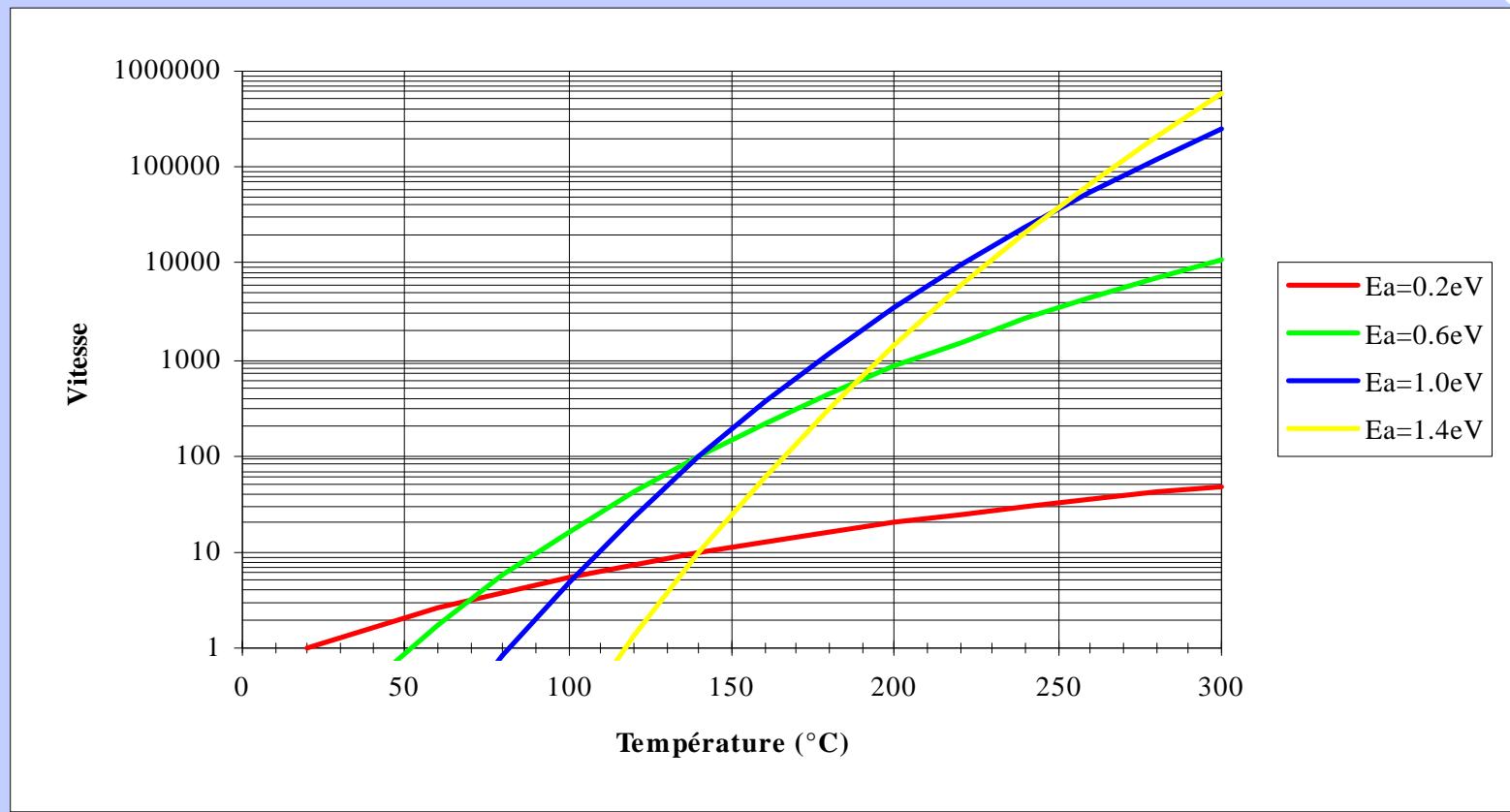
- Loi d'Arrhenius:
 - Caractérise la vitesse de transformation (V) en fonction de la température
 - valable pour la plupart des phénomènes physicochimiques (diffusion, corrosion, dégazage, etc..)
- Energie d'activation
 - Energie caractérisant le passage d'un état thermodynamique à un autre.
 - ΔE en eV avec $k=8.625 \cdot 10^{-5} \text{ eV}/\text{°K}$
 - en J avec $k=R=8.32$
 - T en °K

$$\frac{V}{V_0} = e^{-\frac{\Delta E}{k} \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]}$$

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Définitions

- Loi d'Arrhenius:
 - Aucune corrélation entre énergie d'activation et vitesse de transformation élevée
 - "Ne pas confondre vitesse et précipitation"



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

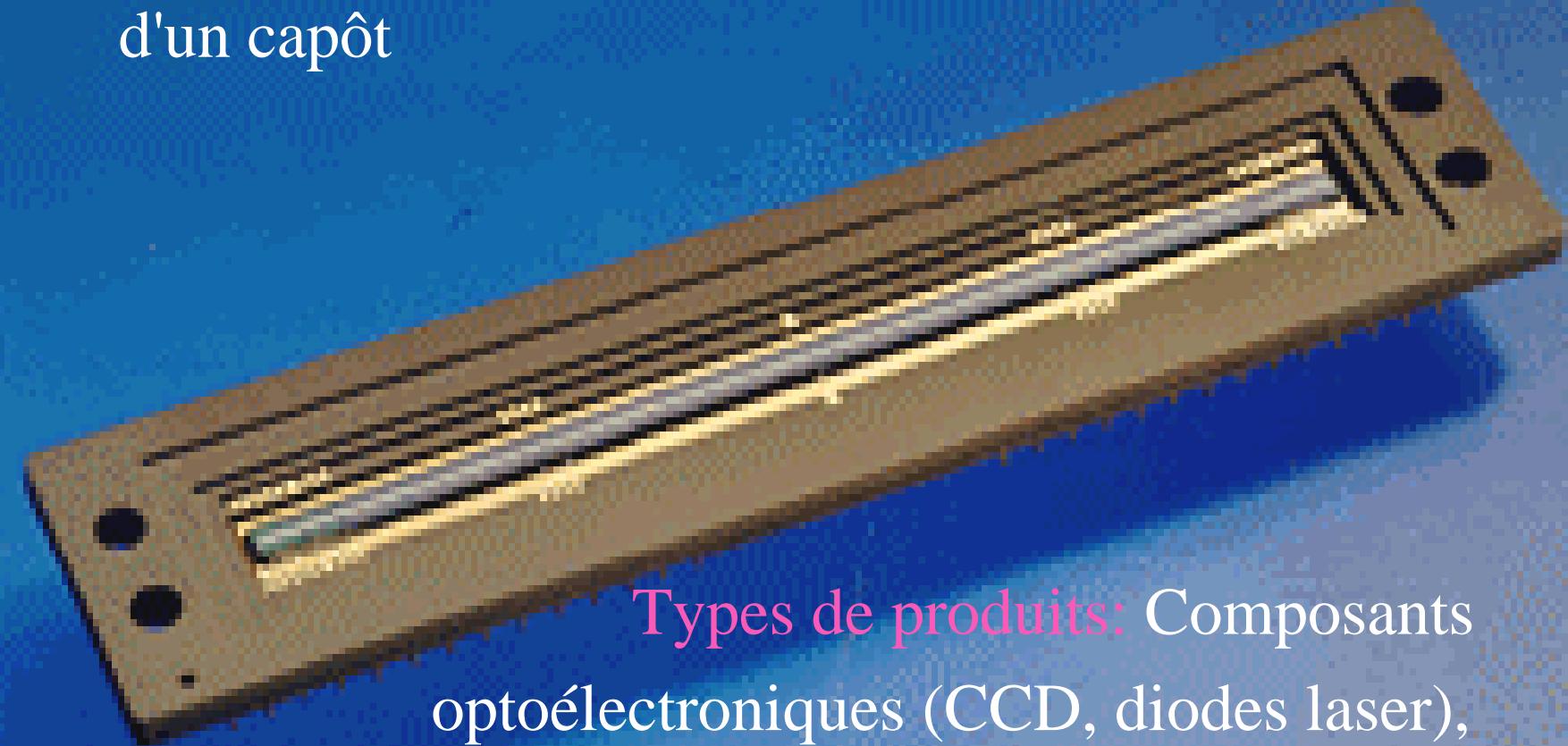
Les composants EEE non hermétiques

- Encapsulation à cavité:
 - Etanche
 - Non étanche
- Encapsulation plastique
 - Différents encapsulants
 - Différentes configurations

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants EEE à cavité étanche

- Scellement de la cavité par collage d'une vitre ou d'un capôt

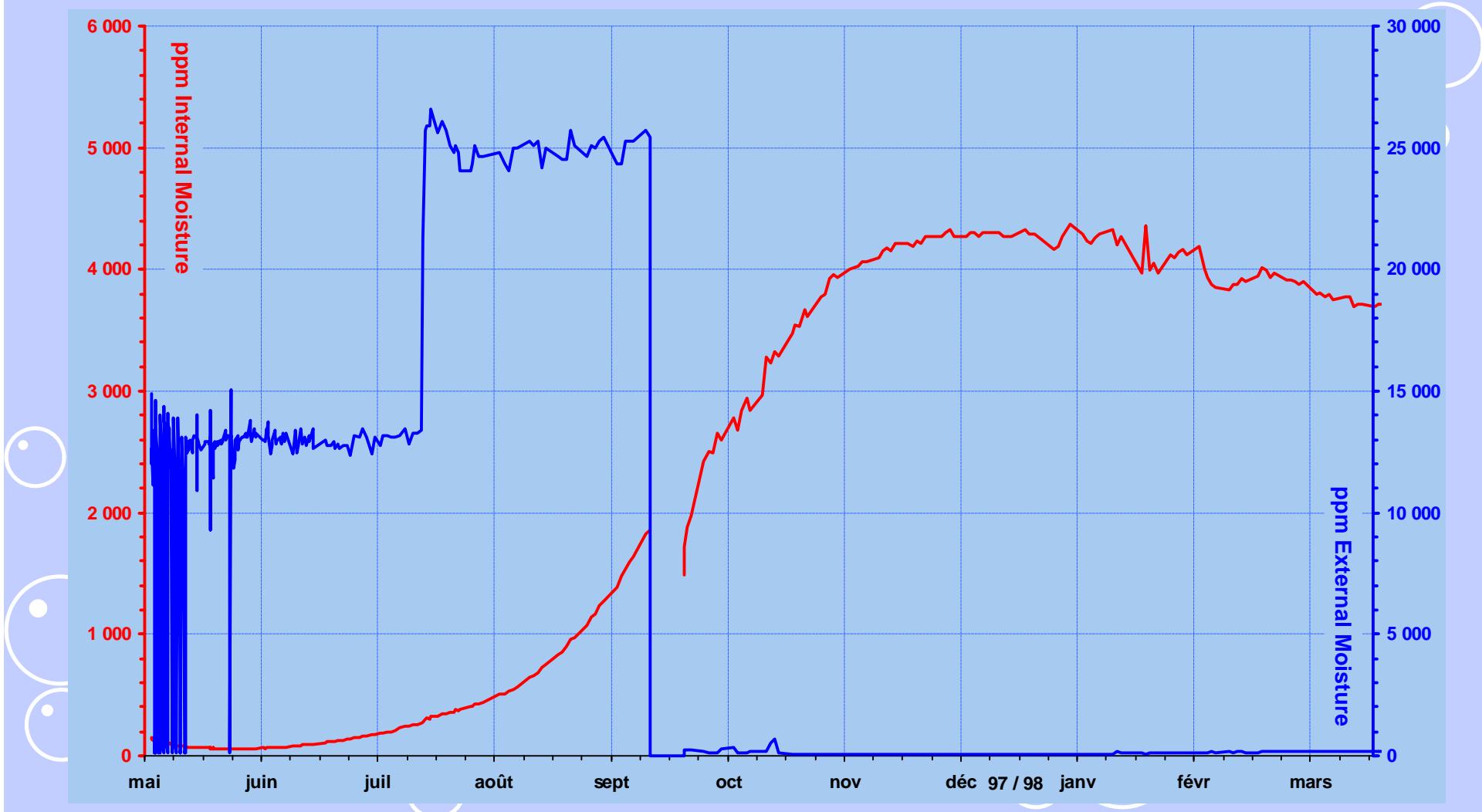


Types de produits: Composants
optoélectroniques (CCD, diodes laser),
μsystèmes, cavités hyperfréquences

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants EEE à cavité étanche

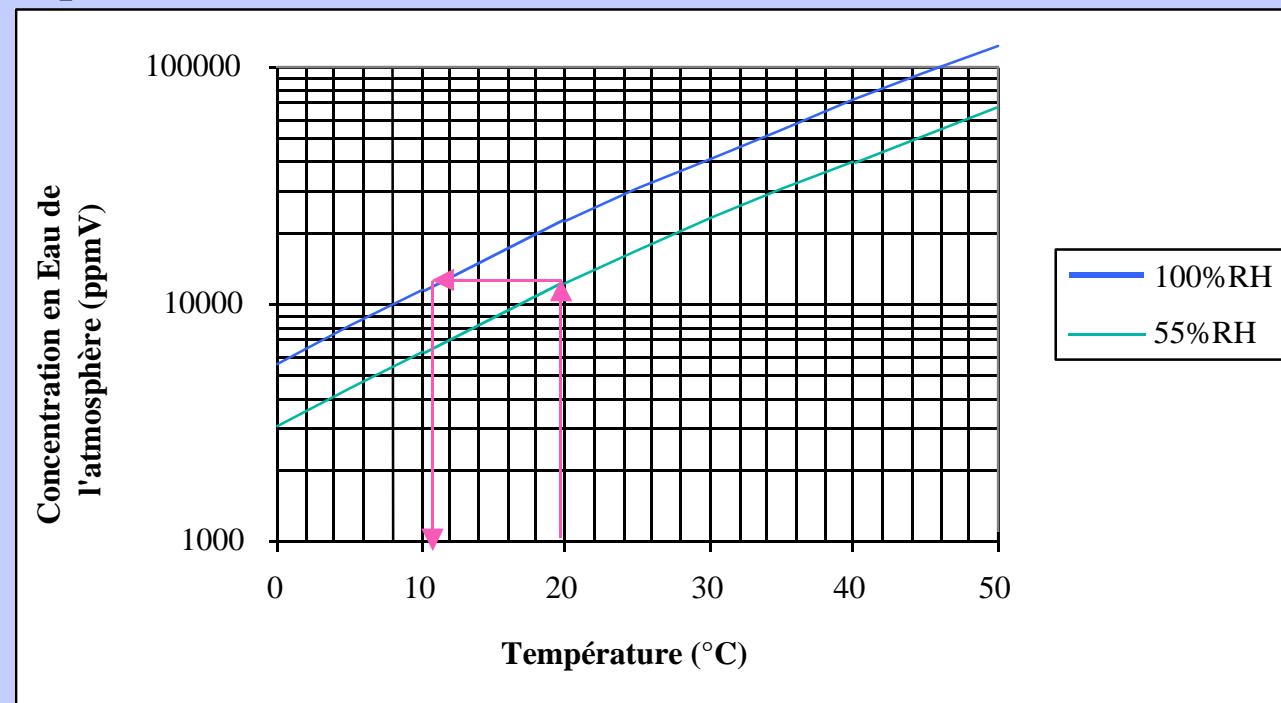
- Variation de l'humidité interne très lente en fonction du temps à travers le joint de colle (ex: détecteur MIR SPOT4/VEGETATION)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants EEE à cavité étanche

- Variation de l'humidité interne en fonction de la température (raisonnement à quantité d'eau constante dans la cavité: étanche ou hermétique)

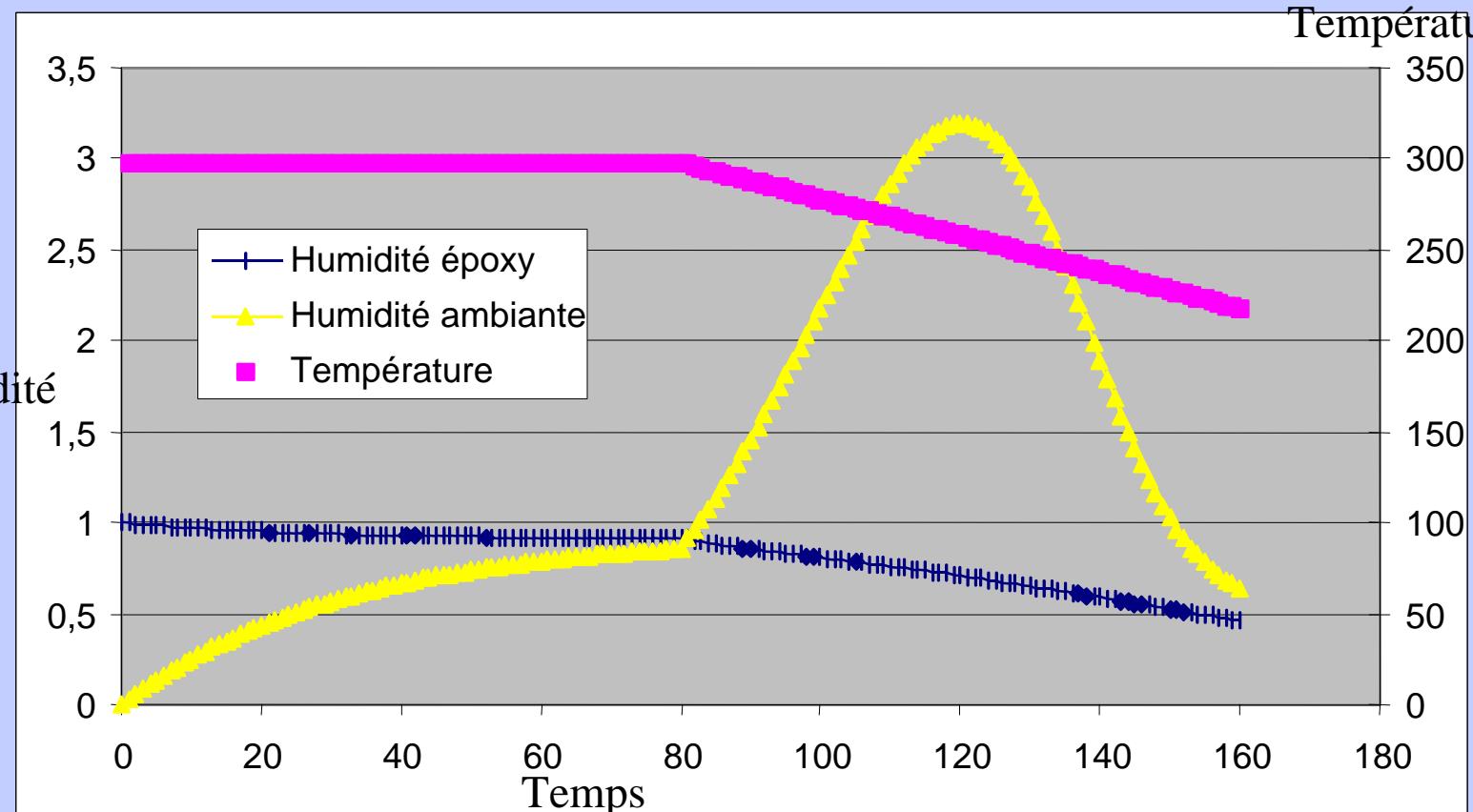


Cas réel plus complexe, car impliquant également les matériaux organiques faisant office d'éponge, dans la cavité.

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants EEE à cavité étanche

- évolution de l'humidité liée à la présence de matériaux organiques à l'intérieur de la cavité:



• Eléments de base: Définitions/Caractérisation

• Les composants EEE non hermétiques

• Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité

• Les protections

• Essais

Les composants EEE à cavité étanche

- Humidité générée par le dégazage de la colle permettant le scellement (souvent lors de sa polymérisation)

Détecteur	TH 31535	TH 7834	TH 7811	TH 7811
Age	7 mois	9 mois	7 ans	8 ans
Eau (%)	3.52	7.58	36.9	45.7
Ammoniac (%)	3.28	4.86	4.89	3.36
CO2 (%)	1.91	1.62	3.42	4.24
Oxygène (ppm)	ND	ND	ND	ND

Mesures RGA à 100°C

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

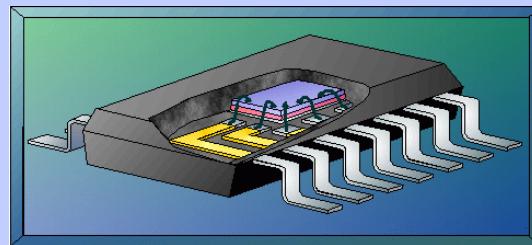
Les composants EEE à cavité non étanche

- Quelques applications très marginales au CNES:
DéTECTEURS hybridés: IASI, Helios2, STS02 ..
 - Nécessité de prendre en compte l'environnement du détecteur de sa fabrication à son utilisation en vol au travers
 - de plans de propreté (particulaire, moléculaire),
 - d'une qualification spécifique vis à vis de l'humidité.

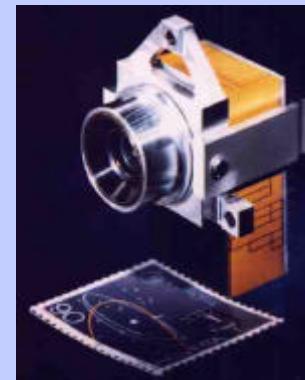
- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

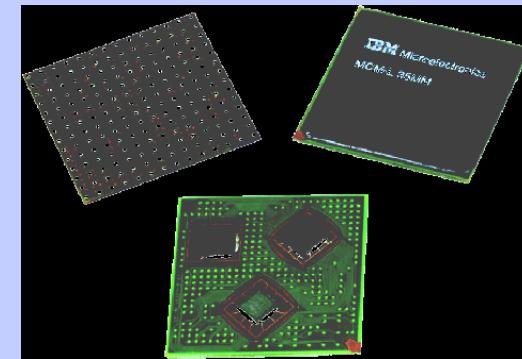
Les CEPs
(Composants à
Encapsulation
Plastique)



Les assemblages 3D



Le « Chip on
board »



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

- Les encapsulants:
(d'après [55])

Les composants à encapsulation plastique

Fonction des constituants	produits généralement employés	évolution des propriétés physico-chimiques
résine	époxydes silicones	
durcisseur	époxydes anhydride d'acide	
accélérateur	amines imidazoles organophosphines bases de Lewis	Diminution de la facilité de moulage
charges	silice amorphe ou Quartz silicates ou carbonates de calcium	augmentation de la conductivité thermique diminution du coefficient d'expansion thermique
agent de couplage	silanes siloxanes	augmentation de l'adhérence
retardateur de flamme	époxydes bromés trioxyde d'antimoine	dégradation en présence d'humidité
plastifiant	silicones époxydes ou phénols avec de longues chaînes alkyles diènes	augmentation de la flexibilité diminution de la Tg détérioration des propriétés électriques et mécaniques à haute température
agent de démoulage	cires (entre autre la cire de Carnauba)	diminution de l'adhérence
colorant	noir de carbone	augmentation de la concentration en impuretés

• Eléments de base: Définitions/Caractérisation

• Les composants EEE non hermétiques

• Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité

• Les protections

• Essais

- Les encapsulants:
(d'après [55])

Les composants à encapsulation plastique

	70	75	80	85	90	années
matériaux d'enrobage	DGEBA / Anhydride					
		Phénoliques				
	Silicones				Silicones modifiées	
			silice naturelle			
charges				silice de synthèse et sphérique		
[Cl-] en ppm	1000	>100	100	<100	<50	
[Br-] en ppm		>50		<20		
[U] en ppm	100		10		1	
Tg (°C)	140 - 150		150 - 160	160 - 170	170 - 180	
α (ppm/K)		25		16	14	
contrainte thermique (kgf/mm ²)		1.2	0.8	0.4 - 0.5	0.3 - 0.4	
module élastique (kgf/mm ²)	2500		1400	1000 - 1200		

• Eléments de base: Définitions/Caractérisation

• Les composants EEE non hermétiques

• Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité

• Les protections

• Essais

Les composants à encapsulation plastique

Les protections:

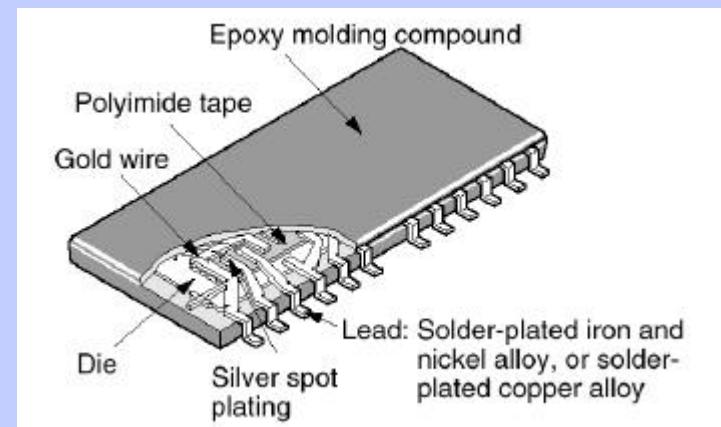
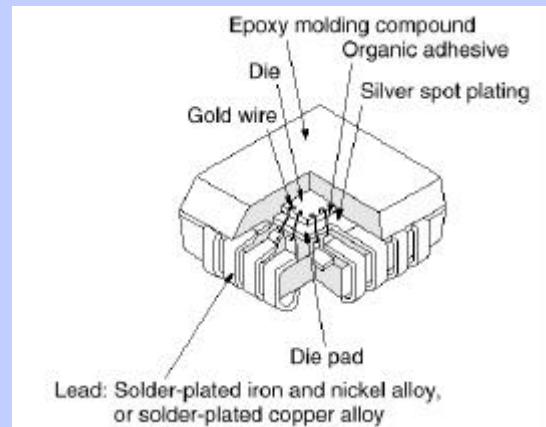
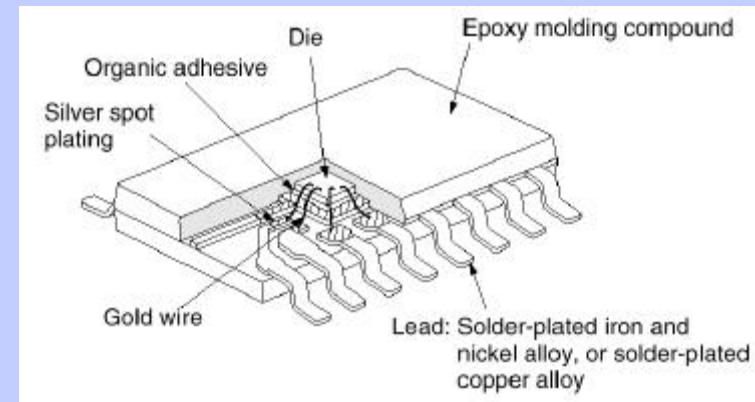
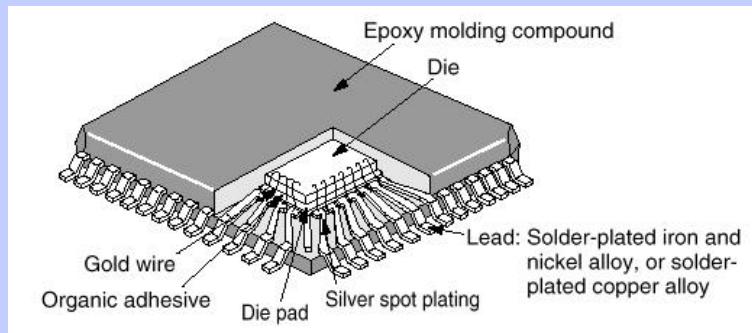
- but: apporter à la puce une protection mécanique (diminution des contraintes) et une protection vis à vis de l'humidité.
- moyen: Silicone-époxydes, Polyimide, Silicone-polyimide.

Nota: il existe une protection 'd'origine' de la partie active de la puce: la passivation.

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

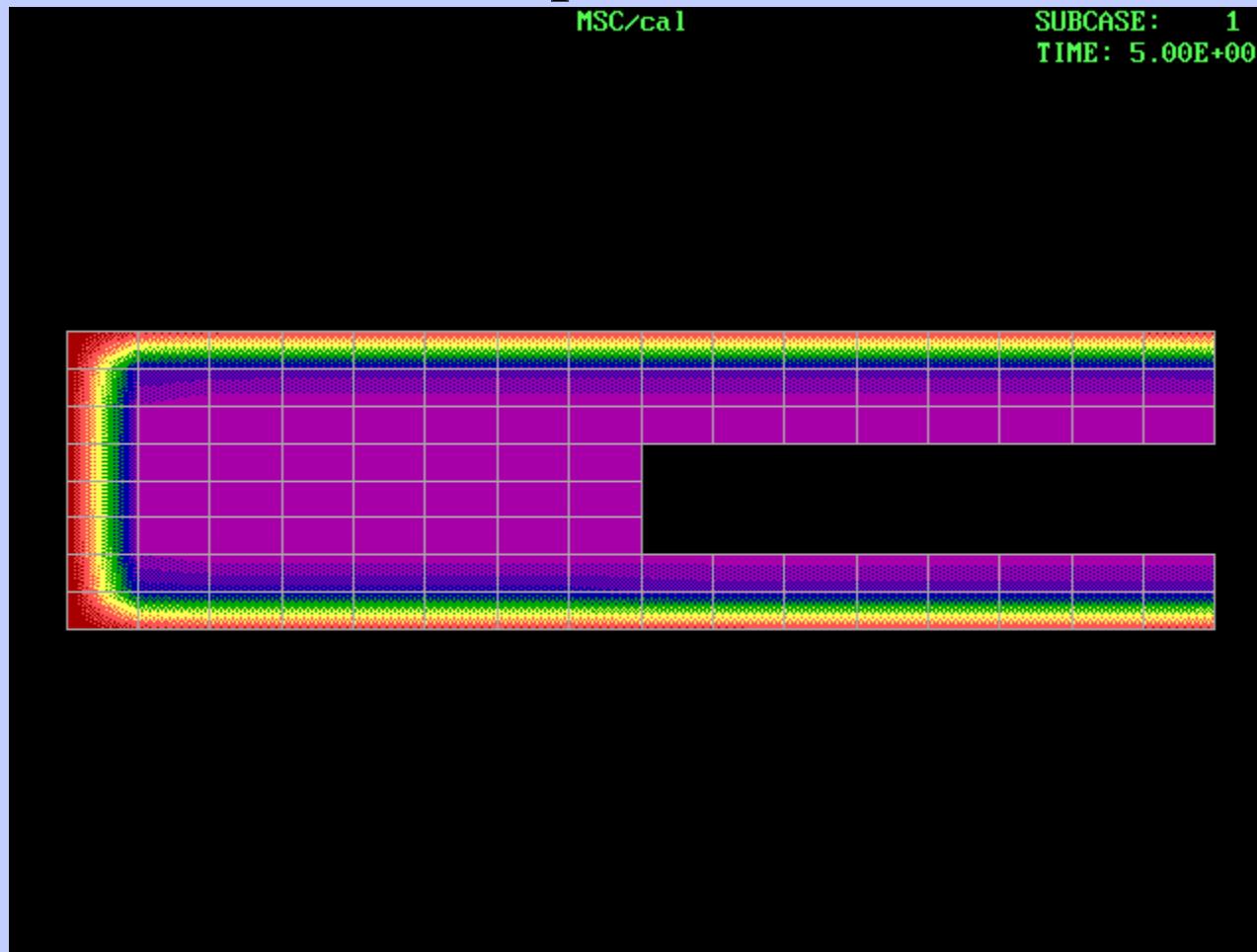
– Les configurations: quelques exemples



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

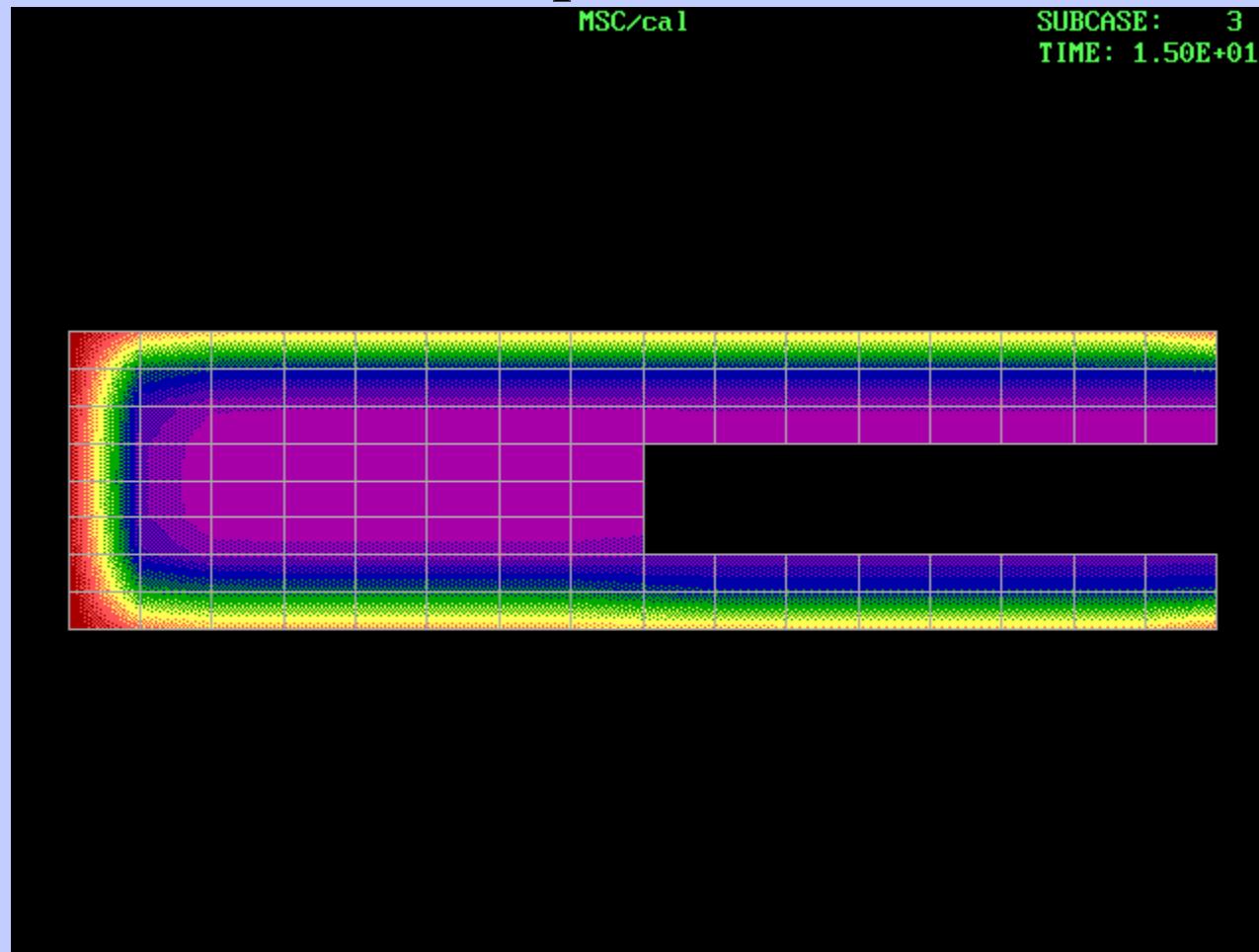
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: absorption



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

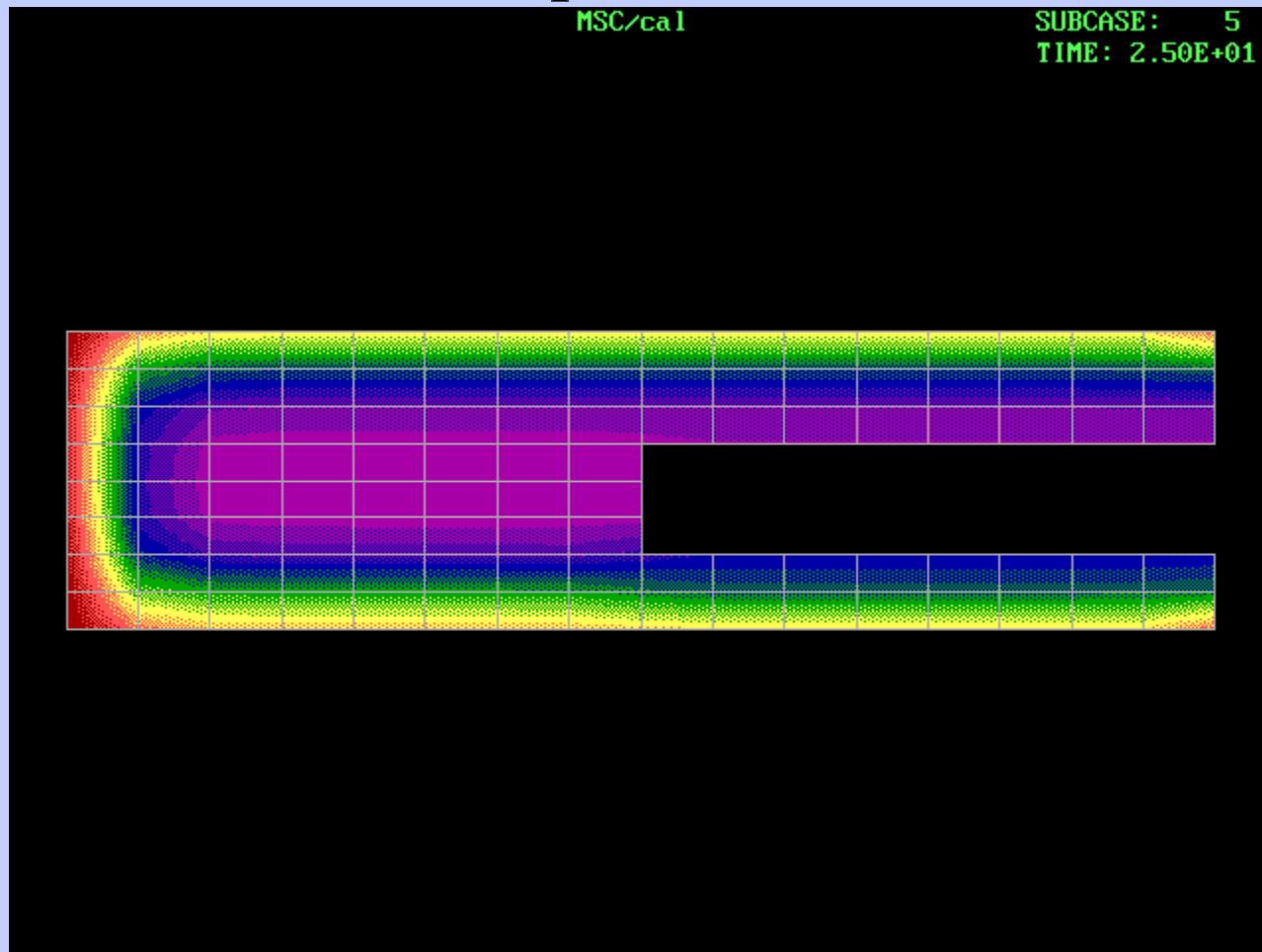
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: absorption



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

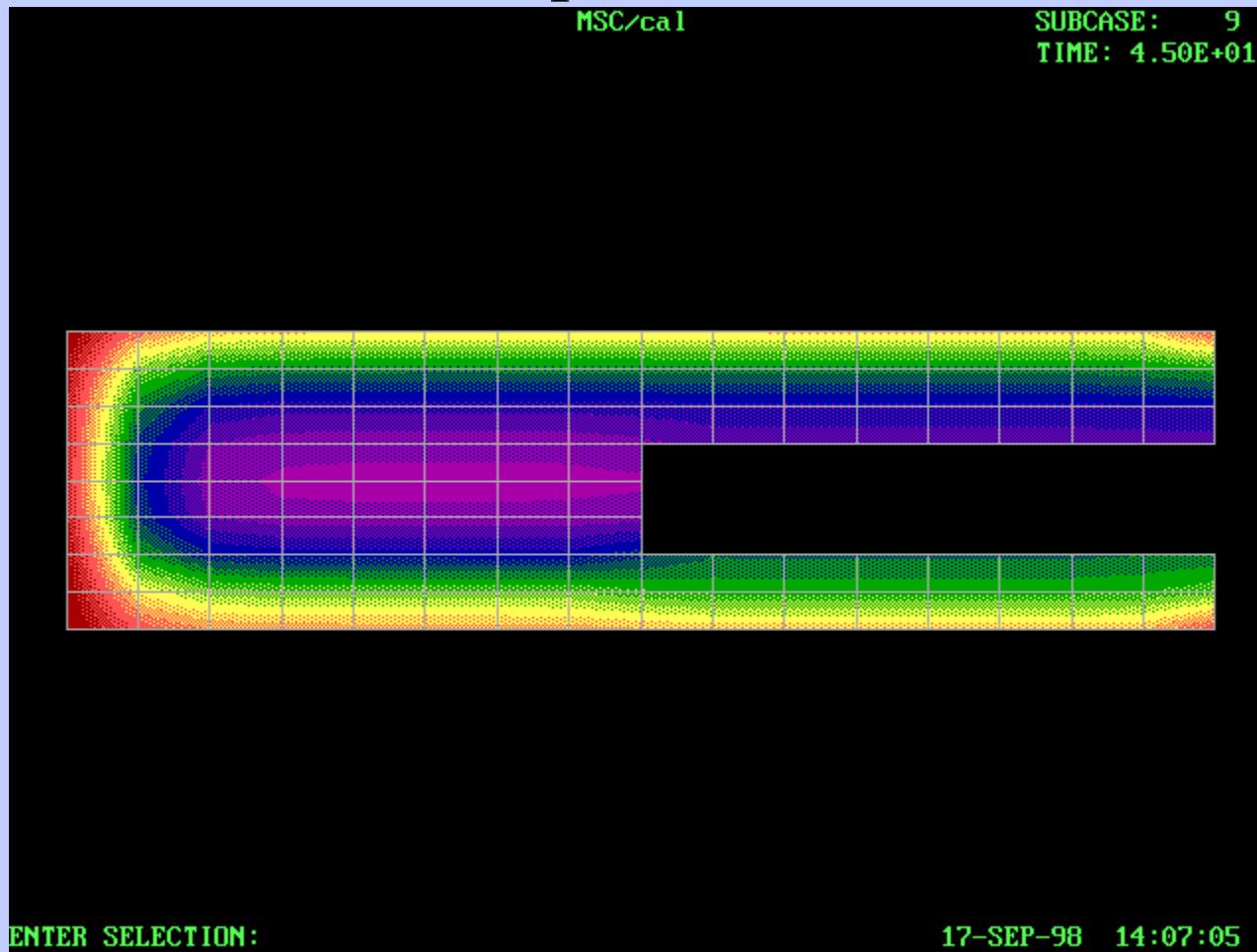
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: absorption



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

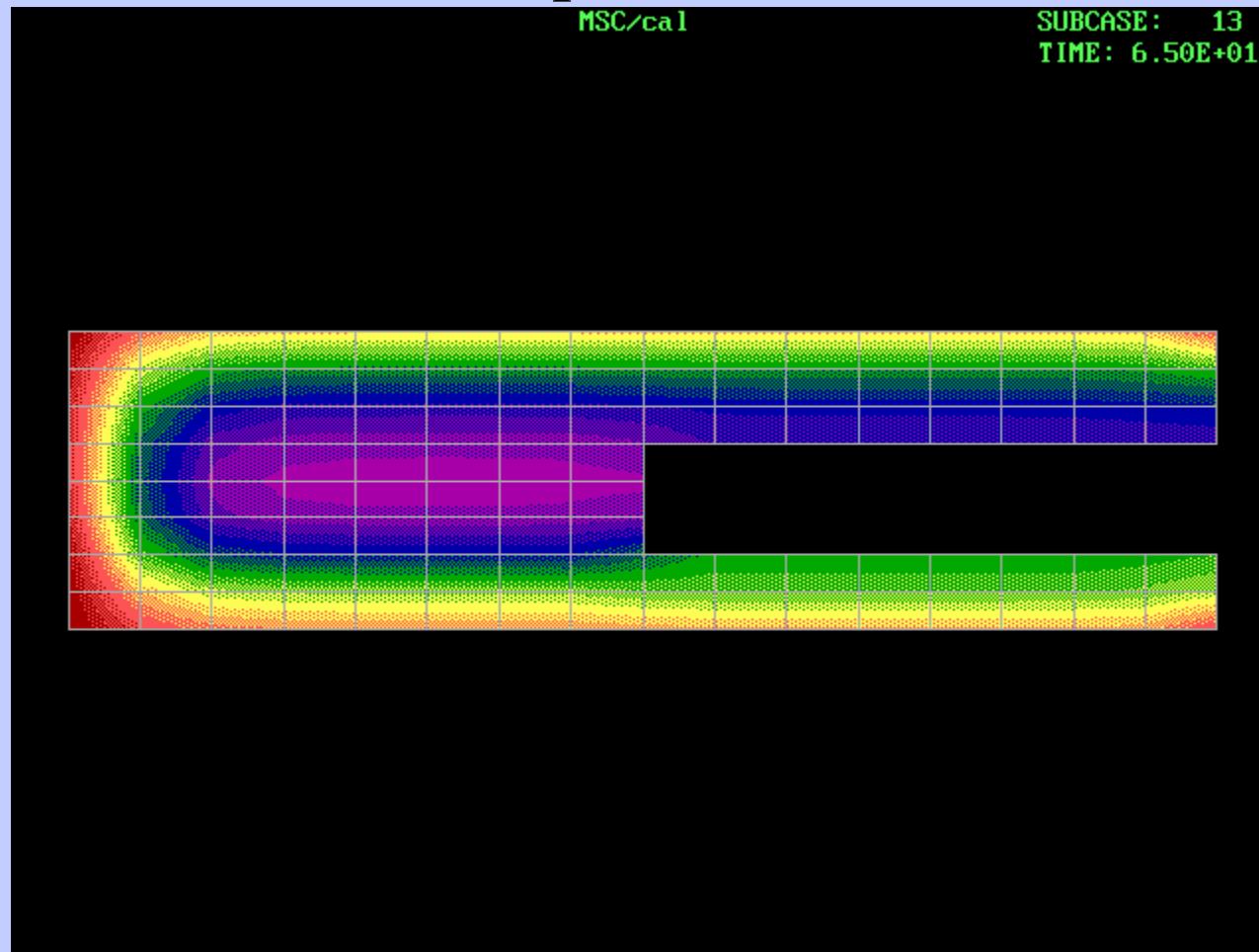
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: absorption



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

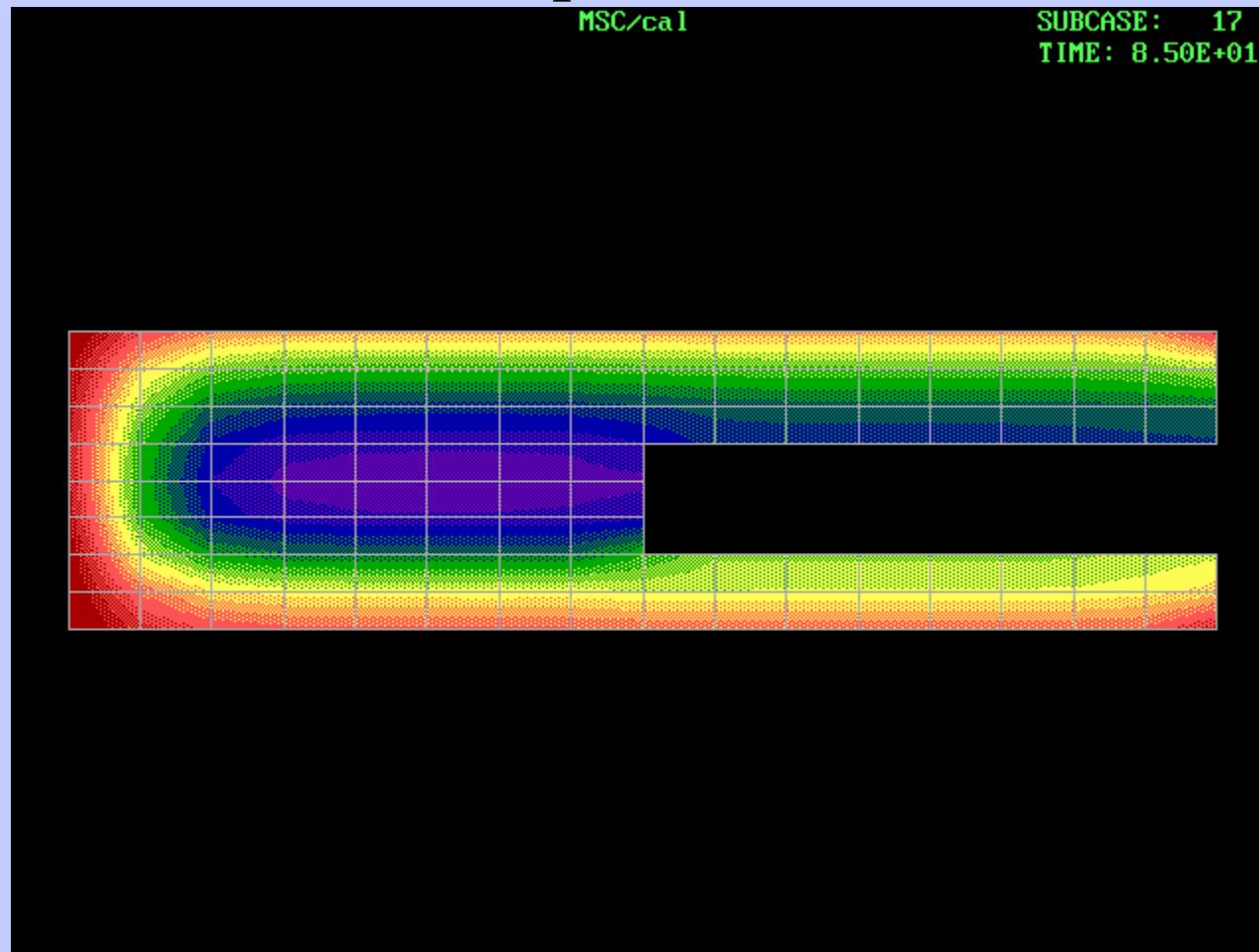
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: absorption



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

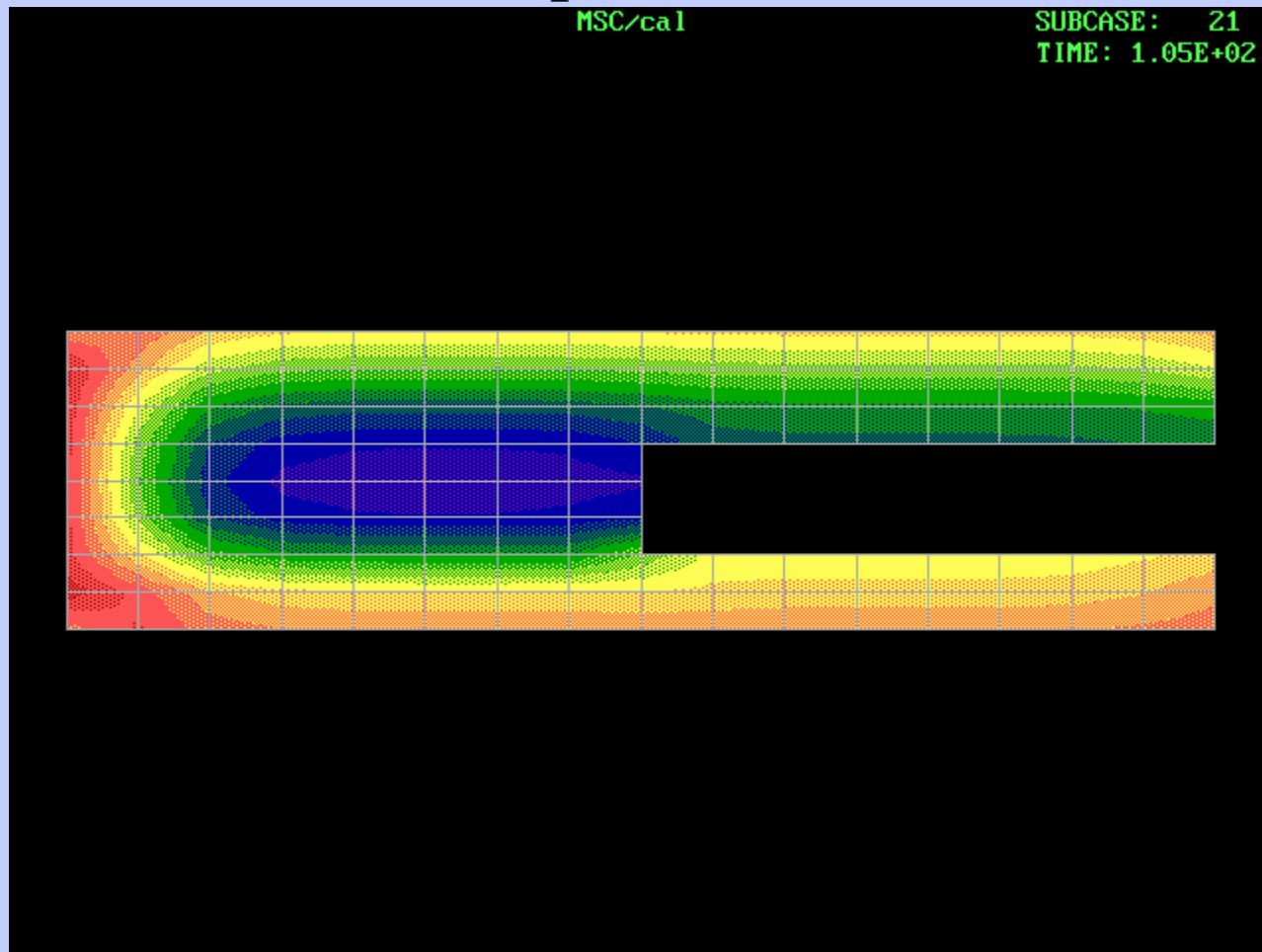
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: absorption



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

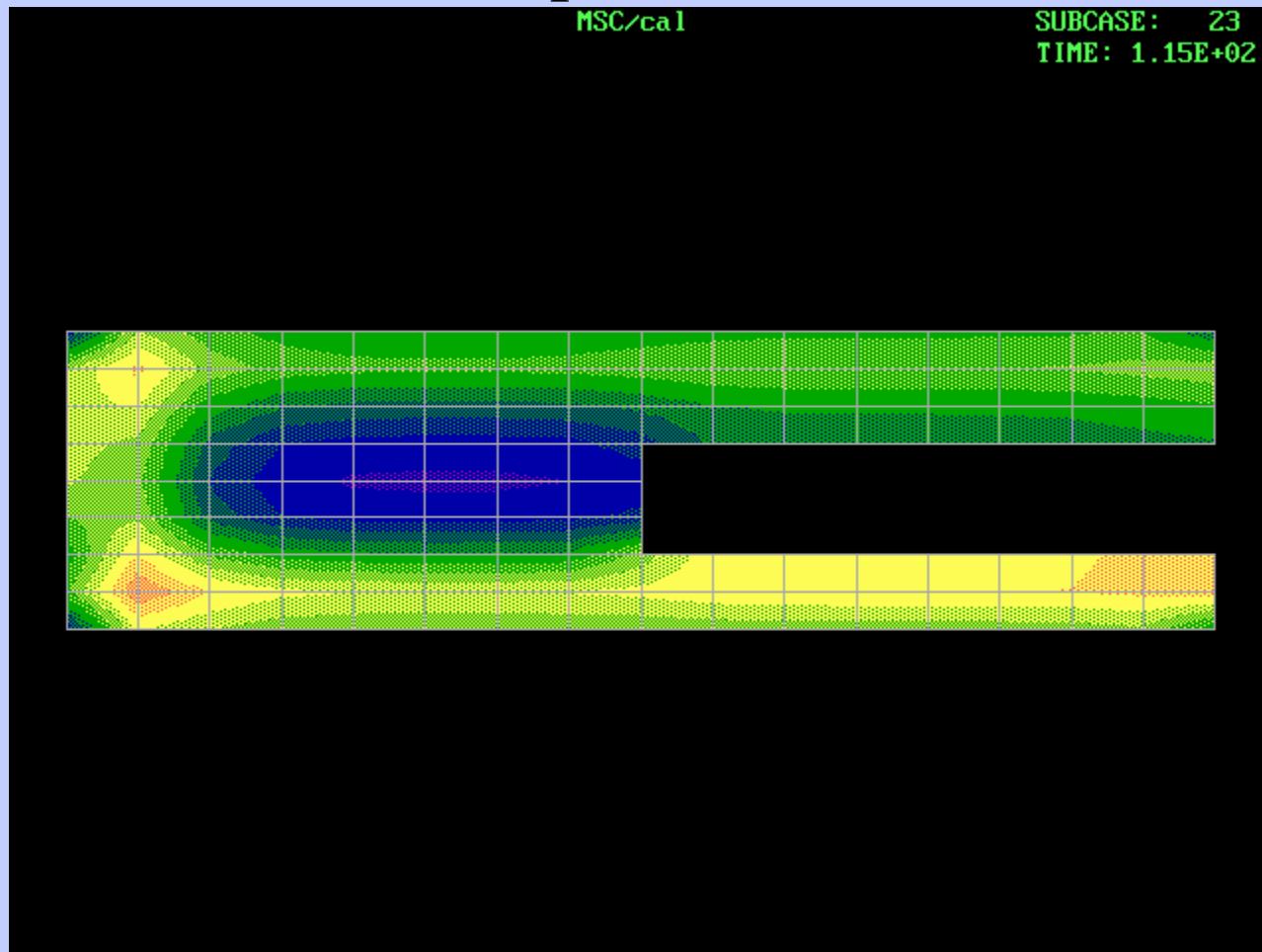
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: desorption (ex: mise sous vide/ azote)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
 - Les protections
 - Essais

Les composants à encapsulation plastique

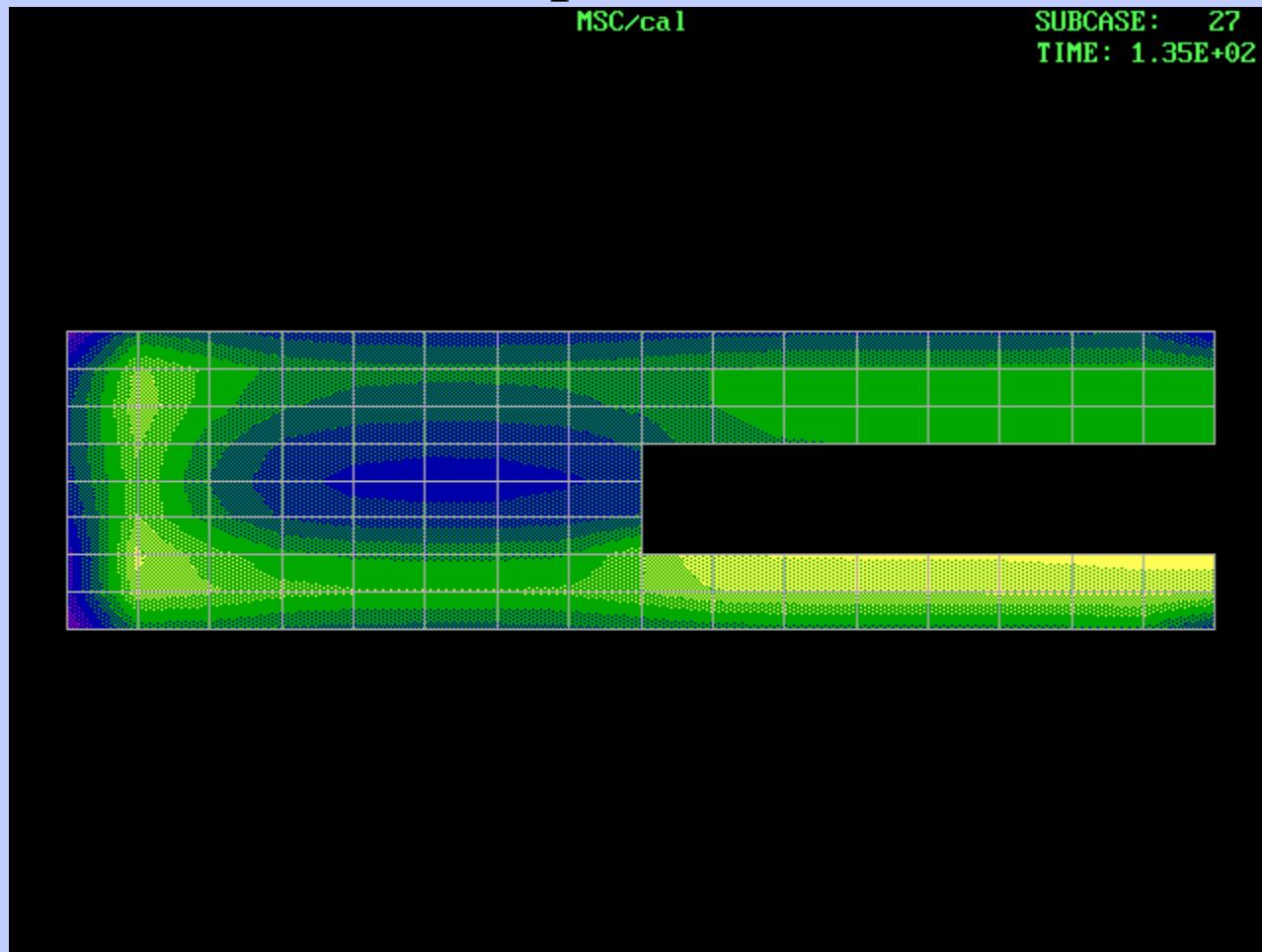
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: desorption (ex: mise sous vide/ azote)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique

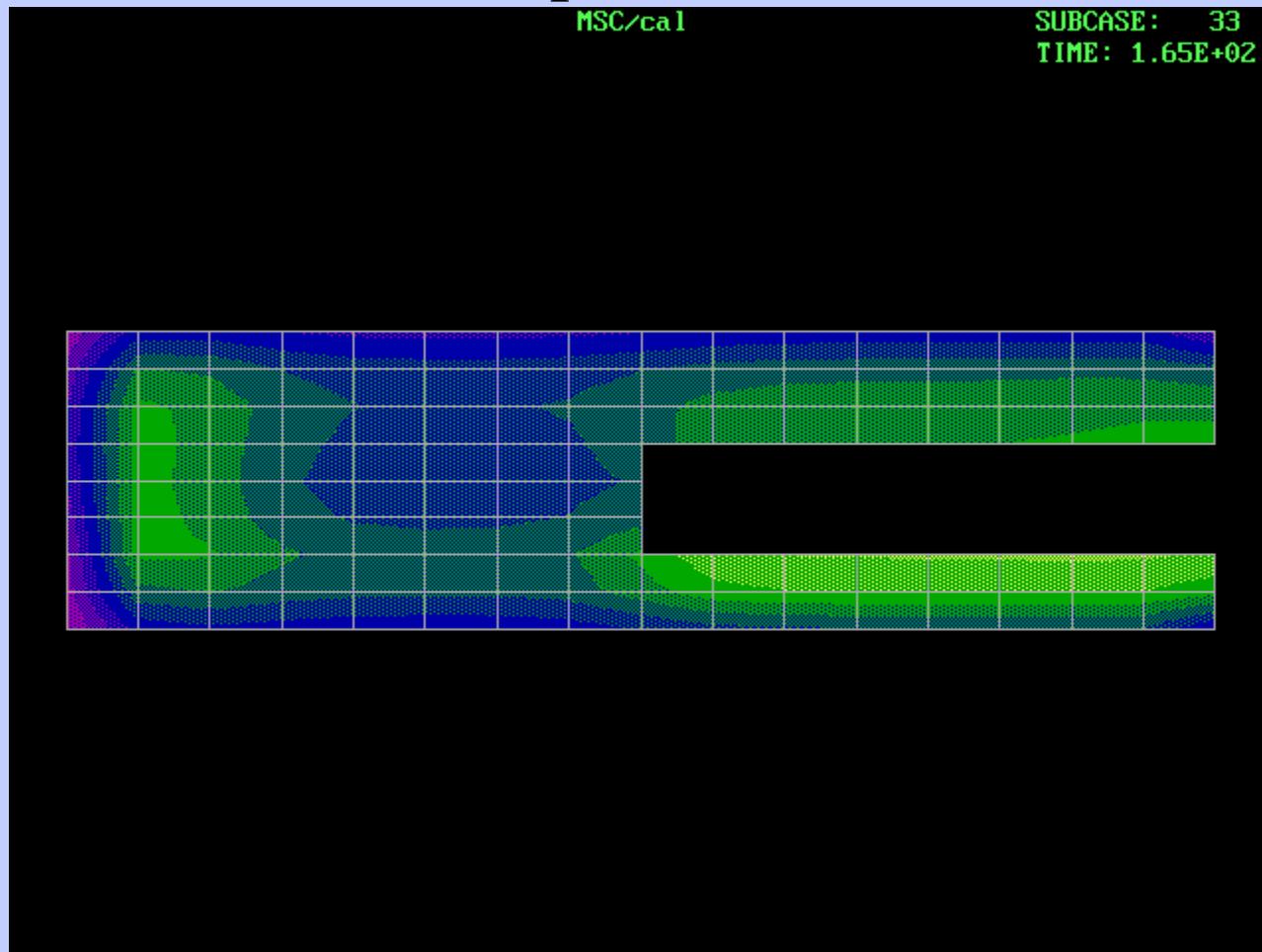
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: desorption (ex: mise sous vide/ azote)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
 - Les protections
 - Essais

Les composants à encapsulation plastique

- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: desorption (ex: mise sous vide/ azote)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
 - Les protections
 - Essais

Les composants à encapsulation plastique

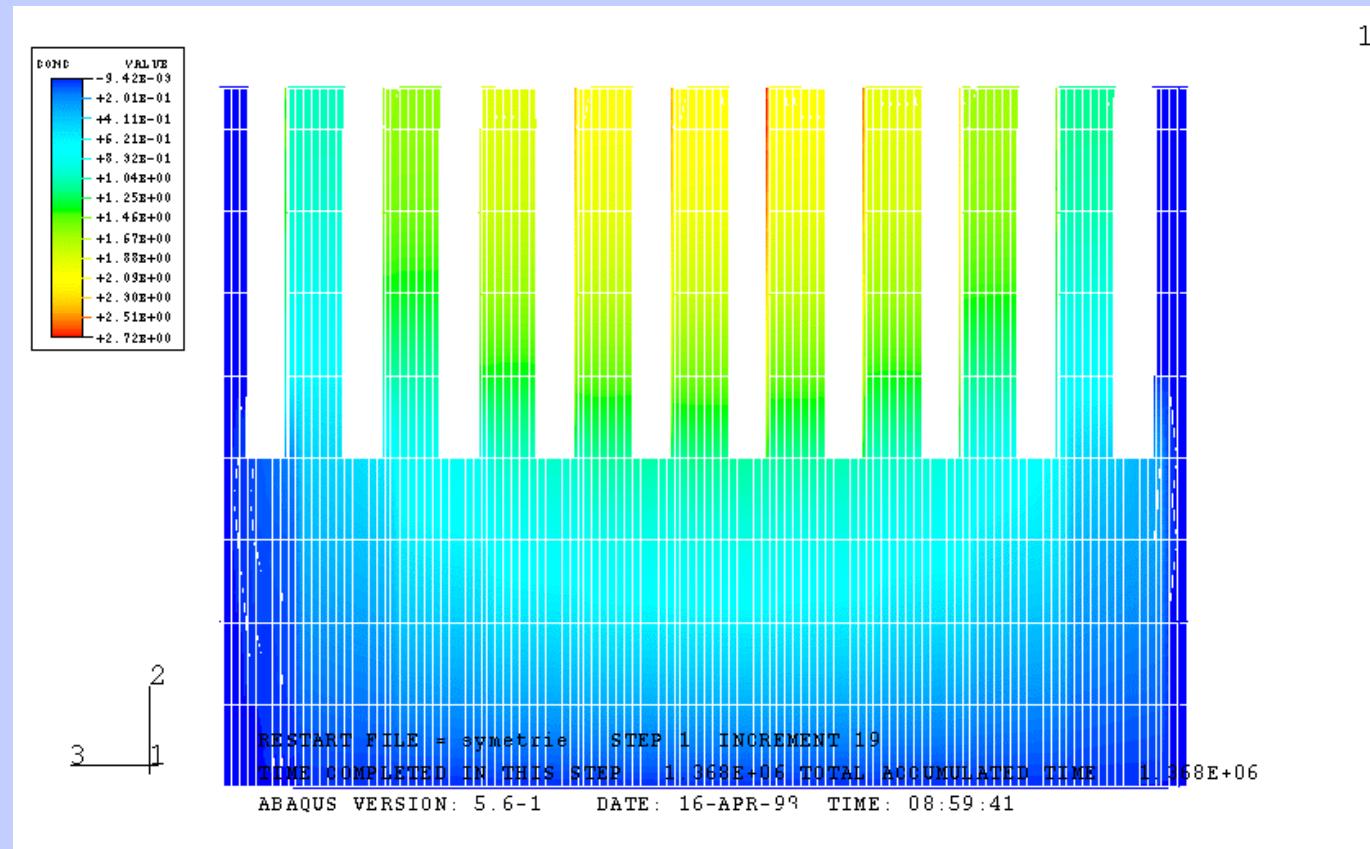
- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un CEP: desorption (ex: mise sous vide/ azote)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les composants à encapsulation plastique (3D)

- Diffusion de l'humidité dans l'encapsulant
 - Cas d'un assemblage 3D: desorption (simulation REALIX: combinaison humidité/température)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

• Corrosion chimique

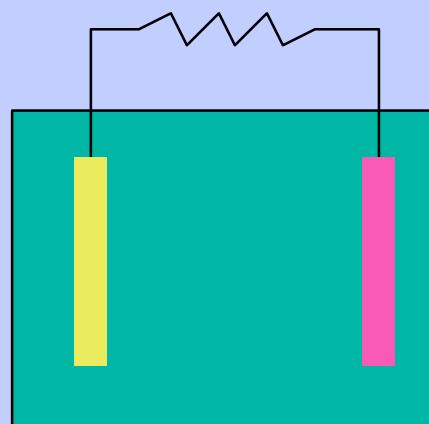
- Elle consiste en une oxydation spontanée du métal considéré avec l'air, l'eau, ou tout composé oxydant
- Elle peut être bénéfique dans le cas de formation d'oxydes stables: $\text{Al} \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2$, car l'oxyde formé constitue une barrière de protection (passivation)
- Elle peut être catastrophique lorsque les oxydes formés sont instables (non stoechiométriques):
Ex: le Fer

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

• Corrosion galvanique:

- fait intervenir deux électrodes (métaux différents) reliées électriquement entre elles et un électrolyte (POUVANT ETRE DE L'EAU AVEC QUELQUES IMPURETES) . La réaction d'oxydo-réduction des métaux a alors lieu. Elle peut être déduite des potentiels REDOX relatifs à l'oxydation et à la réduction des espèces en présence.



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

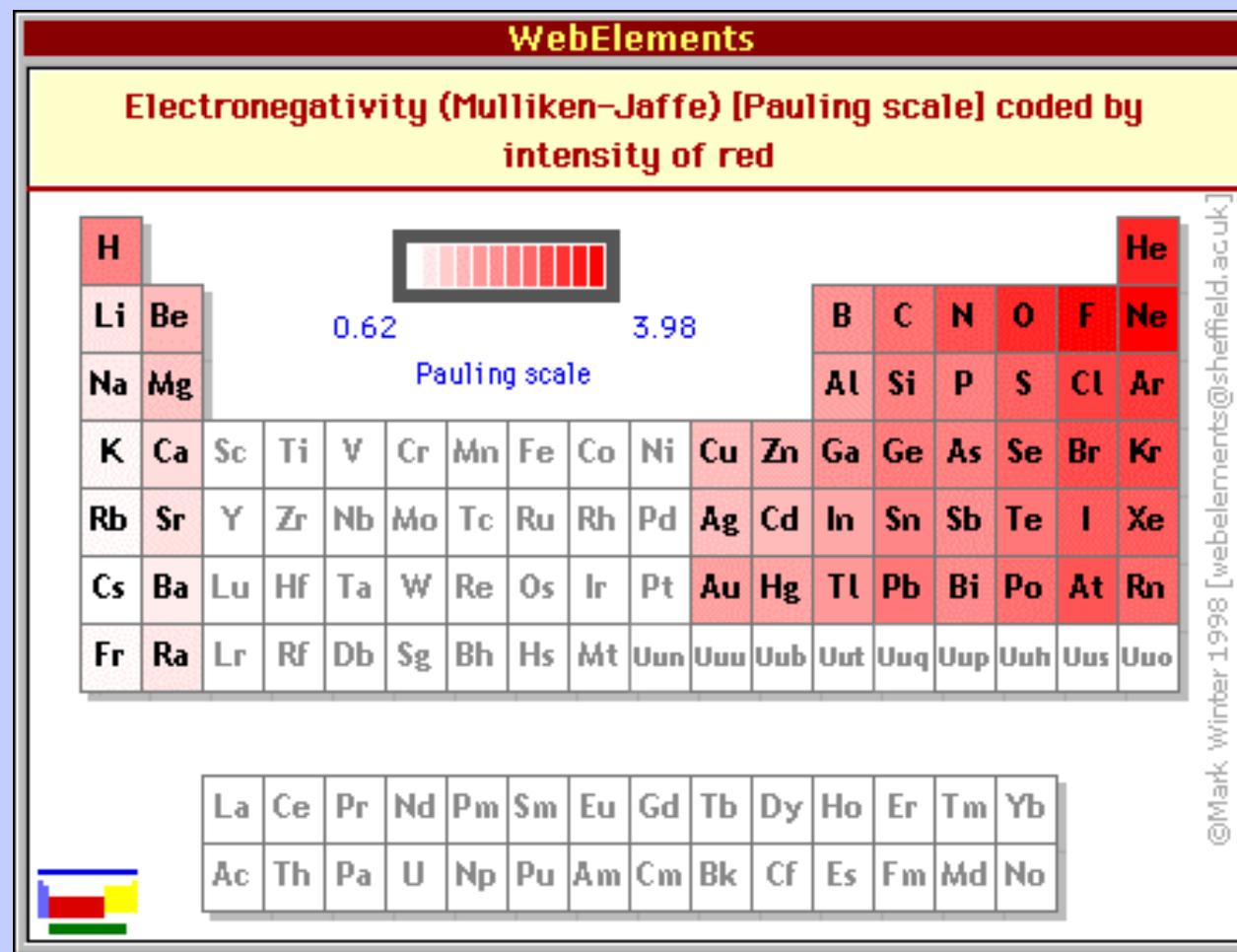
- Corrosion galvanique:
 - son énergie d'activation est proportionnelle à la différence de potentiel REDOX des couples métalliques en présence.
 - elle dépend la plupart du temps du PH du milieu (quand le couple REDOX fait intervenir l'eau comme réactif).

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

• Corrosion galvanique:

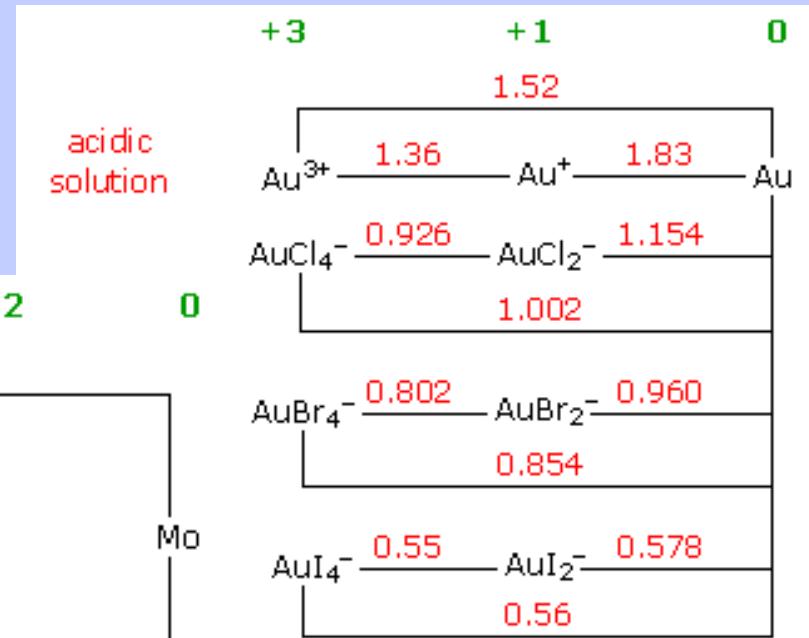
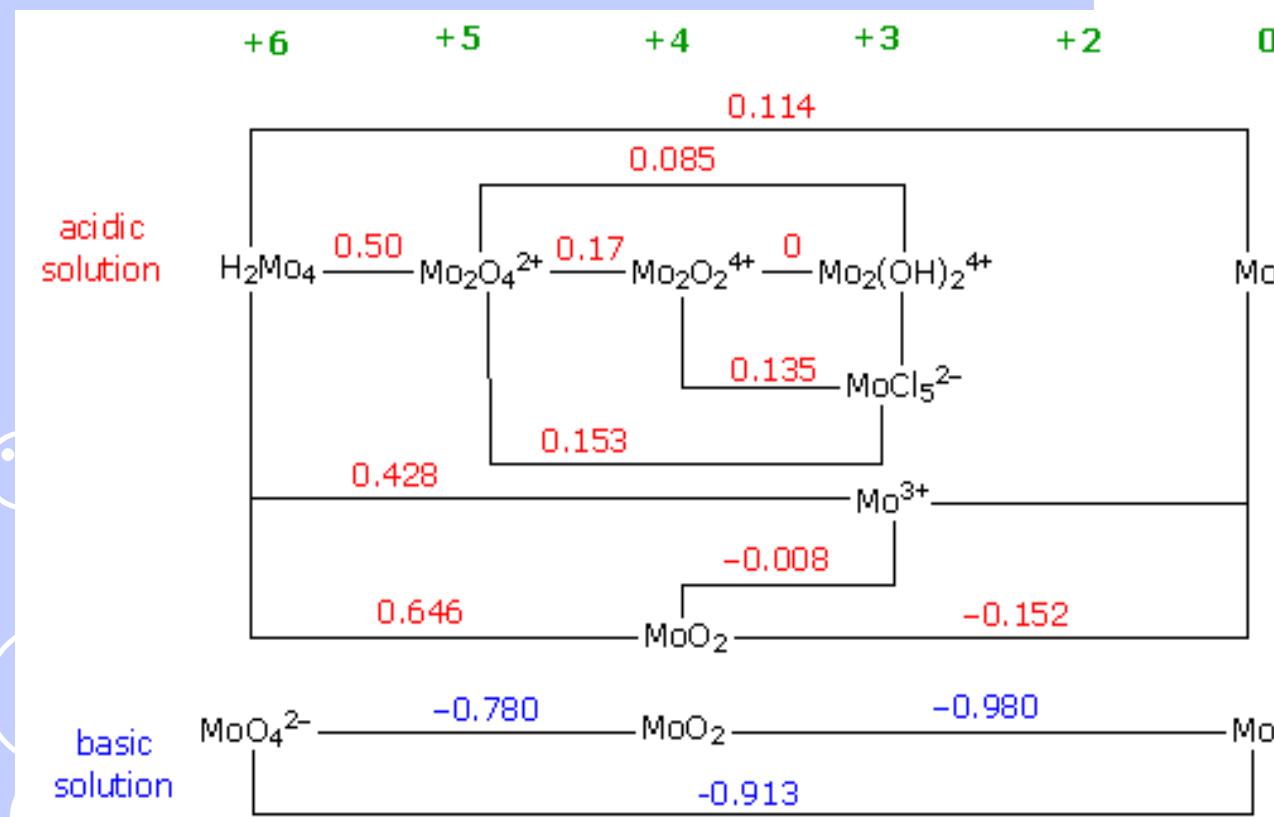
Simplification: utilisation de l'échelle d'électronégativité



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Exemple de corrosion galvanique

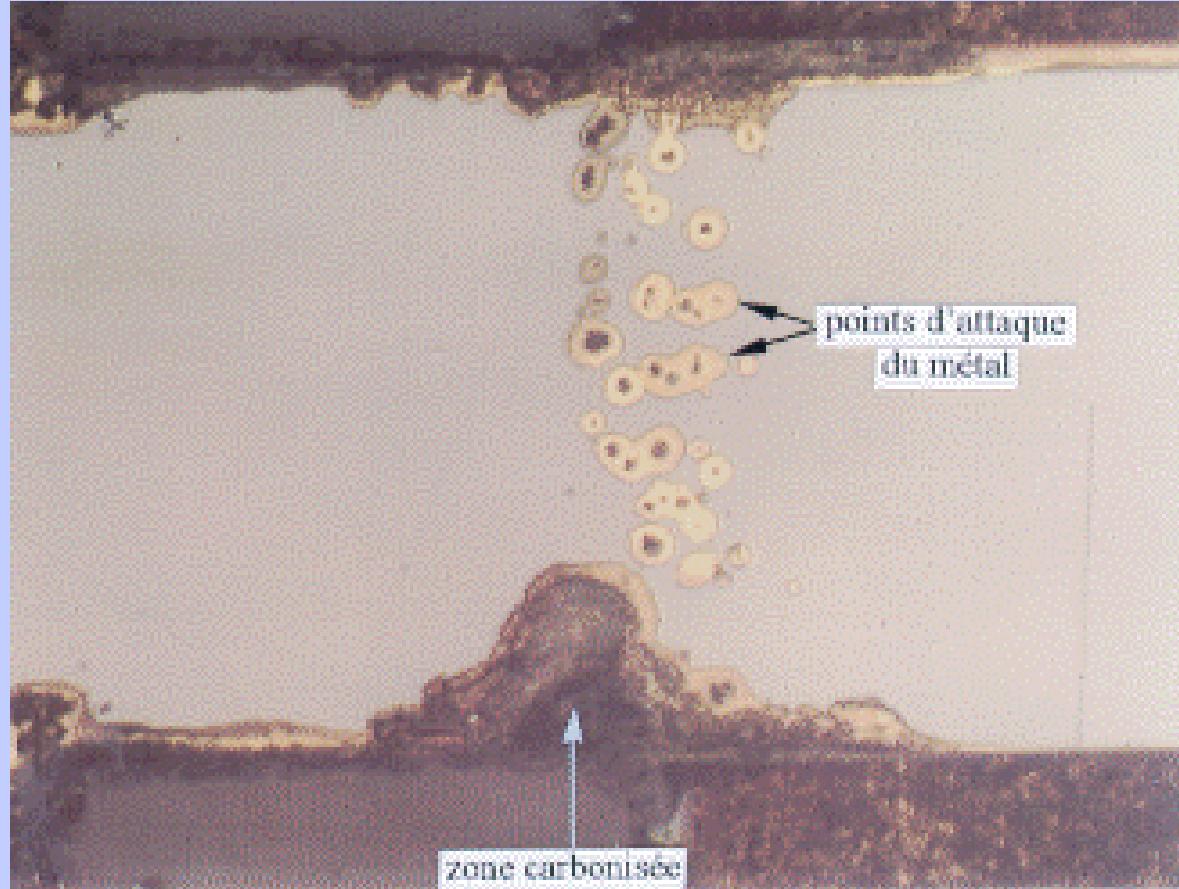
• Le couple Au/Mo: la théorie



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Exemple de corrosion galvanique

- Le couple Au/Mo: la pratique

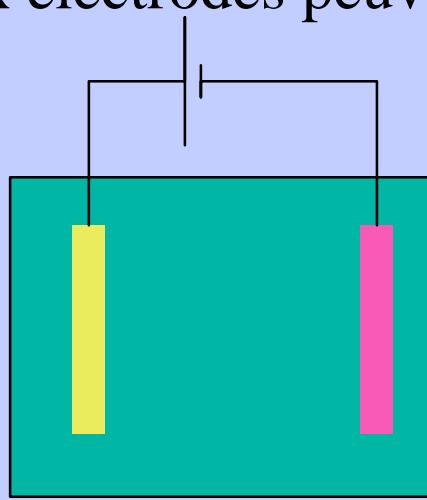


- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

• Corrosion électrochimique

- Même principe que la corrosion galvanique, mais:
- la transformation du métal en une de ses formes oxydées est réalisée par imposition d'une différence de potentiel. (Typiquement: alimentation d'un circuit: 0 / +5V)
- Le "moteur" de la réaction étant la différence de potentiel, les deux électrodes peuvent être de même nature.

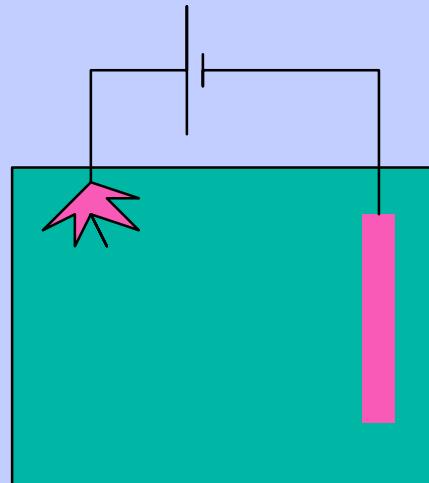


- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

• Electromigration

- Même principe que la corrosion galvanique, mais:
- Transport du métal sous forme ionique, puis électrodéposition sur l'électrode en regard.



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

- Spécifiques aux CEPs

- contraintes mécaniques liées au gonflement de la matrice
 - Lors du report (délamination, pop-corn)
 - Lors des cyclages thermiques
 - Lors du vide thermique
- Vieillissement des matériaux plastiques
- Instabilités, dérives des paramètres électriques (effet conjugué de l'humidité et des contaminants)

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

• Délamination, fissuration:

- L'humidité peut induire des contraintes dans les assemblages par gonflement des matériaux absorbant. Ces contraintes peuvent aboutir à:
 - une fissuration du matériau
 - une décohésion entre le matériau absorbant, et le non absorbant (délamination).
- Combiné avec un échauffement de température, ce type de défaut peut aboutir à un confinement et mise sous pression de l'humidité dans la cavité formée, aboutissant à une rupture complète du matériau (effet pop-corn)

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

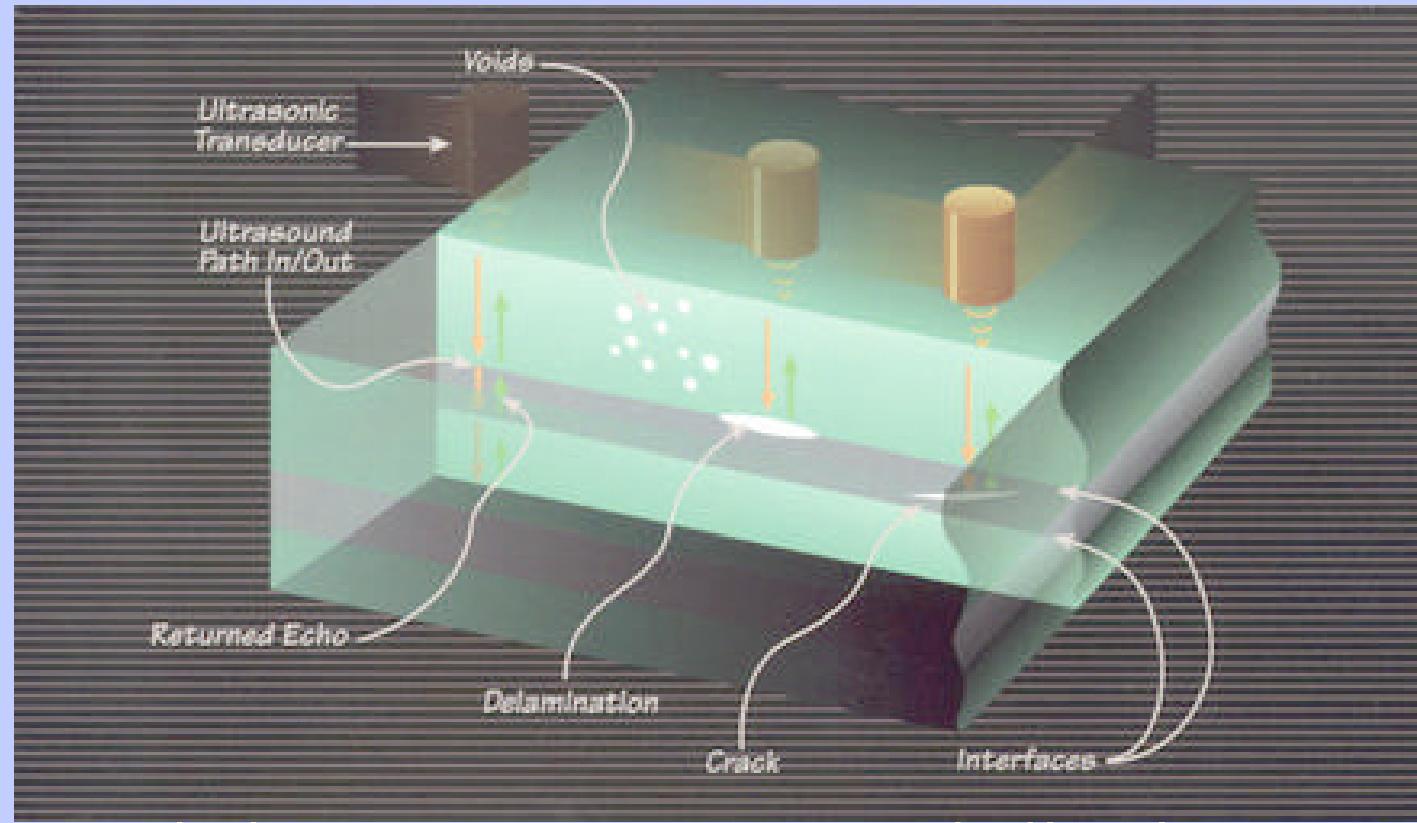
- Pop-corn



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

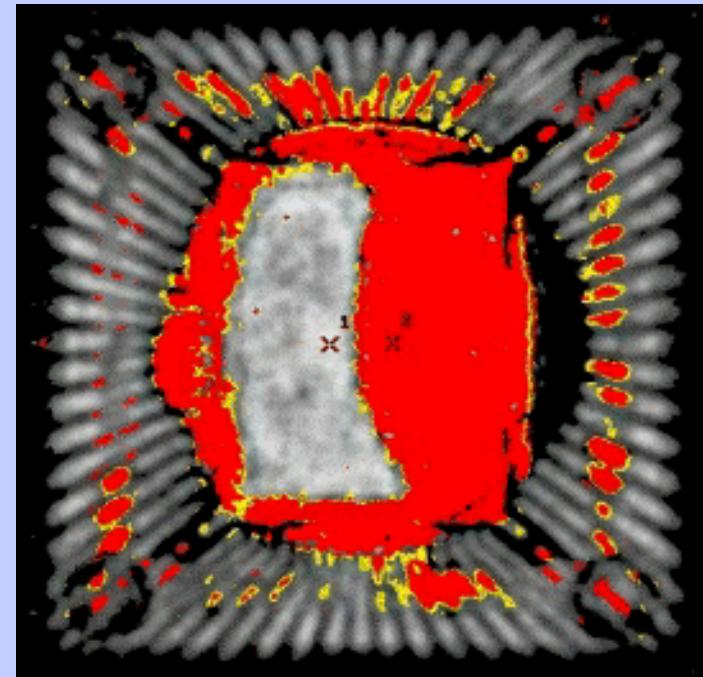
- Délamination: caractérisation
 - Détection par microscopie acoustique: principe:



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

- Délamination: caractérisation
 - Détection par microscopie acoustique:



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

- Vieillissement des résines

- Plastification: Insertion de molécules d'eau dans la structure du polymère; formation/suppression de liaisons hydrogène. Phénomène la plupart du temps réversible entraînant la diminution et l'élargissement du Tg.
- Transformation chimique: Hydrolyse, substitution Cl/OH, oxydation, ... Résines actuellement utilisées très stables de ce point de vue.

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

• Pollution des résines

- les ions (issus des flux par exemple) peuvent diffuser à travers le polymère
- cette diffusion se fait de manière non Fickienne (déplacement d'un front d'après étude CALCE: NaCl dans epoxy et NASA: NaCl dans silicone)
- ce phénomène est non négligeable par rapport aux épaisseurs de polymères actuellement employées

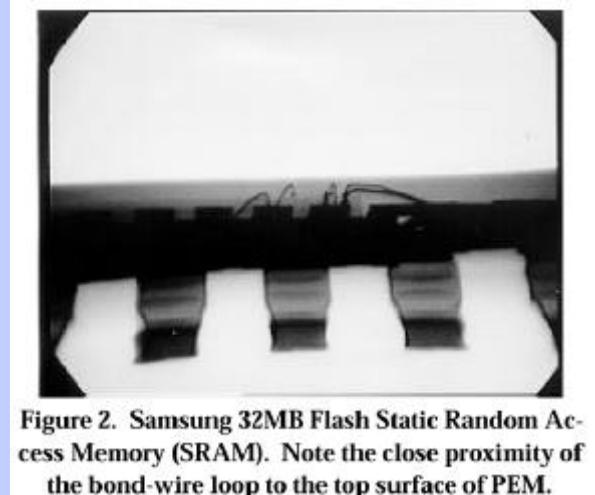
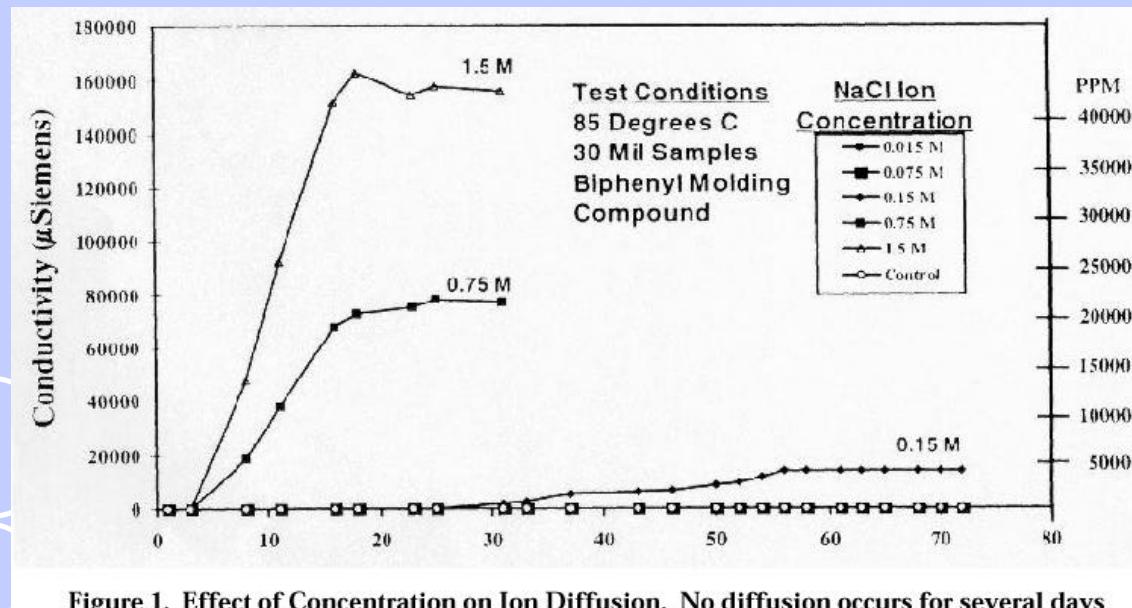


Figure 2. Samsung 32MB Flash Static Random Access Memory (SRAM). Note the close proximity of the bond-wire loop to the top surface of PEM.

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
 - Les composants EEE non hermétiques
 - Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les mécanismes de défaillances liés à l'humidité

- Effets combinés:

- Quid de l'effet de
 - Vieillissement (stockage) + Cyclage vide thermique + Vieillissement (stockage)?
 - Vieillissement + corrosion? inversement?
 - Vieillissement + Délamination?
 - etc...
 - On peut noter dans [55]:
 - "Une desorption sous vide peut entraîner la formation de chemins préférentiels de pénétration de l'humidité. Les essais d'absorption réalisés suite à ce séchage ont montré une forte irrégularité des prises de masse avec une accélération du mécanisme d'absorption."

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Protection des composants EEE non hermétiques

- Principe :
 - déposer une ou plusieurs couches d 'un matériau isolant dans le but de ralentir la diffusion de l'humidité vers les zones sensibles du composant.
(principe dit de « robustification »)
- Plusieurs familles technologiques :
 - organique
 - minérale
 - mixte (organique/minérale)

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- **Les protections**
- Essais

Les protections organiques

- Epoxy: propriétés
 - Facilité de mise en œuvre
 - Possible contrainte en cyclage thermo-mécanique (fils)
 - Protection mécanique
- Autres protections organiques:
 - Polyuréthane
 - Polyimide
 - Polyester

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- **Les protections**
- Essais

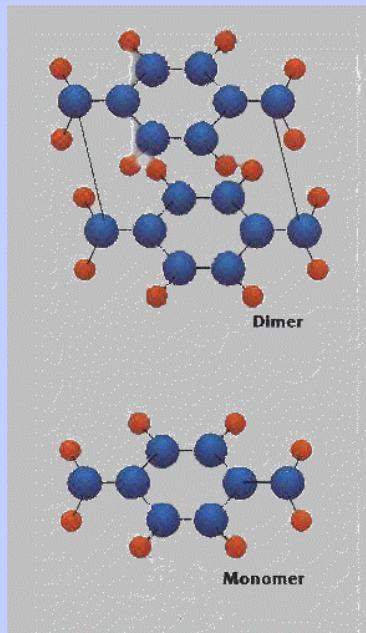
Les protections organiques

- Les silicones: propriétés
 - Bonne protection vis à vis de l'humidité
 - Grande pureté ionique
 - Facilité de mise en œuvre
 - Possible contrainte en cyclage thermo-mécanique (fils)
 - Mauvaise protection mécanique

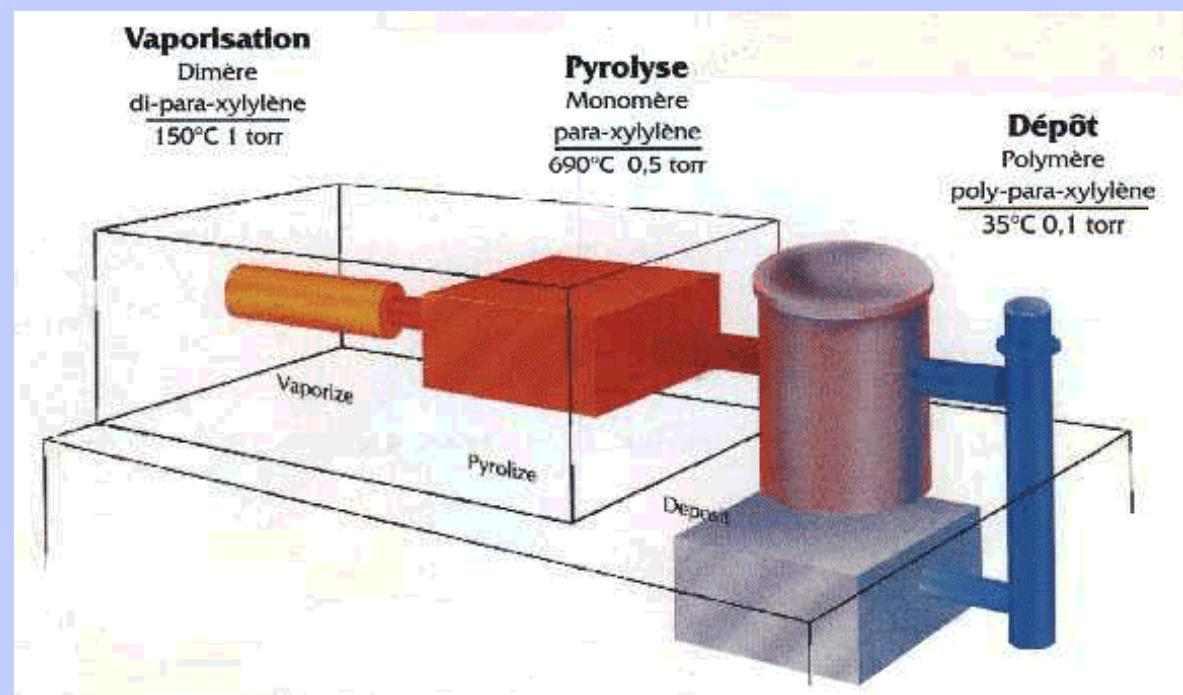
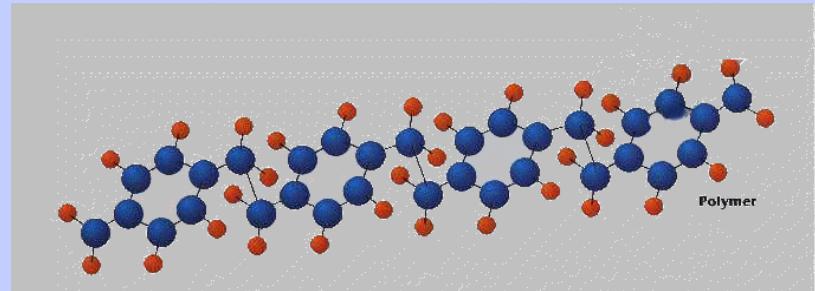


- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections**
- Essais

- Le parylène



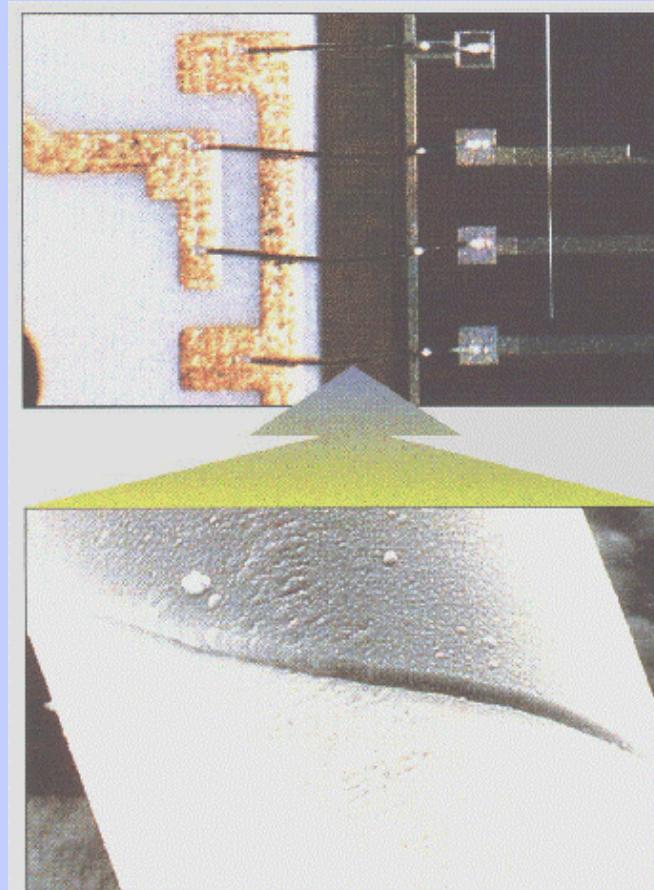
Les protections organiques



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections**
- Essais

Les protections organiques

- Le parylène: propriétés
 - Excellent diélectrique
 - très faible épaisseur
(contrainte résiduelle nulle)
 - uniformité du dépôt
 - transparence
 - très faible coefficient de diffusion, et de saturation
 - Mise en œuvre délicate
 - Mauvaise protection mécanique
 - Transparence (Visible)

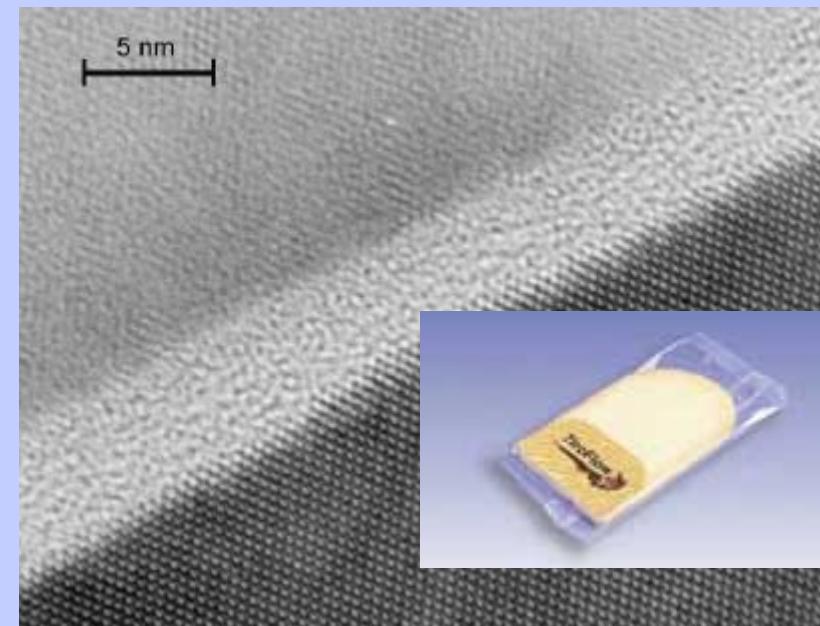


Wire bond coated with Parylene.
Part of the coating has been removed with plasma etching to show thickness and conformity of coating. (x 2000)

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections**
- Essais

Les protections minérales

- SiO₂ (SiO_x); Si₃N₄: propriétés
 - Herméticité
 - Mise en œuvre délicate (CVD, plasma)
 - dureté, mais fragilité
 - faible effet de nappage



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- **Les protections**
- Essais

Les protections mixtes

- Epoxy / SiO_x
- Parylène / SiO_x
- Parylène / Si₃N₄ / Parylène
- Epoxy / Parylène
- Epoxy / silicone
- Silicone/Polyurethane

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Travaux de R et D CNES

« Robustification » de composants EEE non hermétiques

- Evaluation de diverses techniques de protection d 'assemblage de composants et modules mémoires à encapsulation plastique (CEPs et stacks de CEPs) reportés sur carte imprimée
- Evaluation de diverses techniques de robustification de modules 3D élaborés en stackant des puces nues

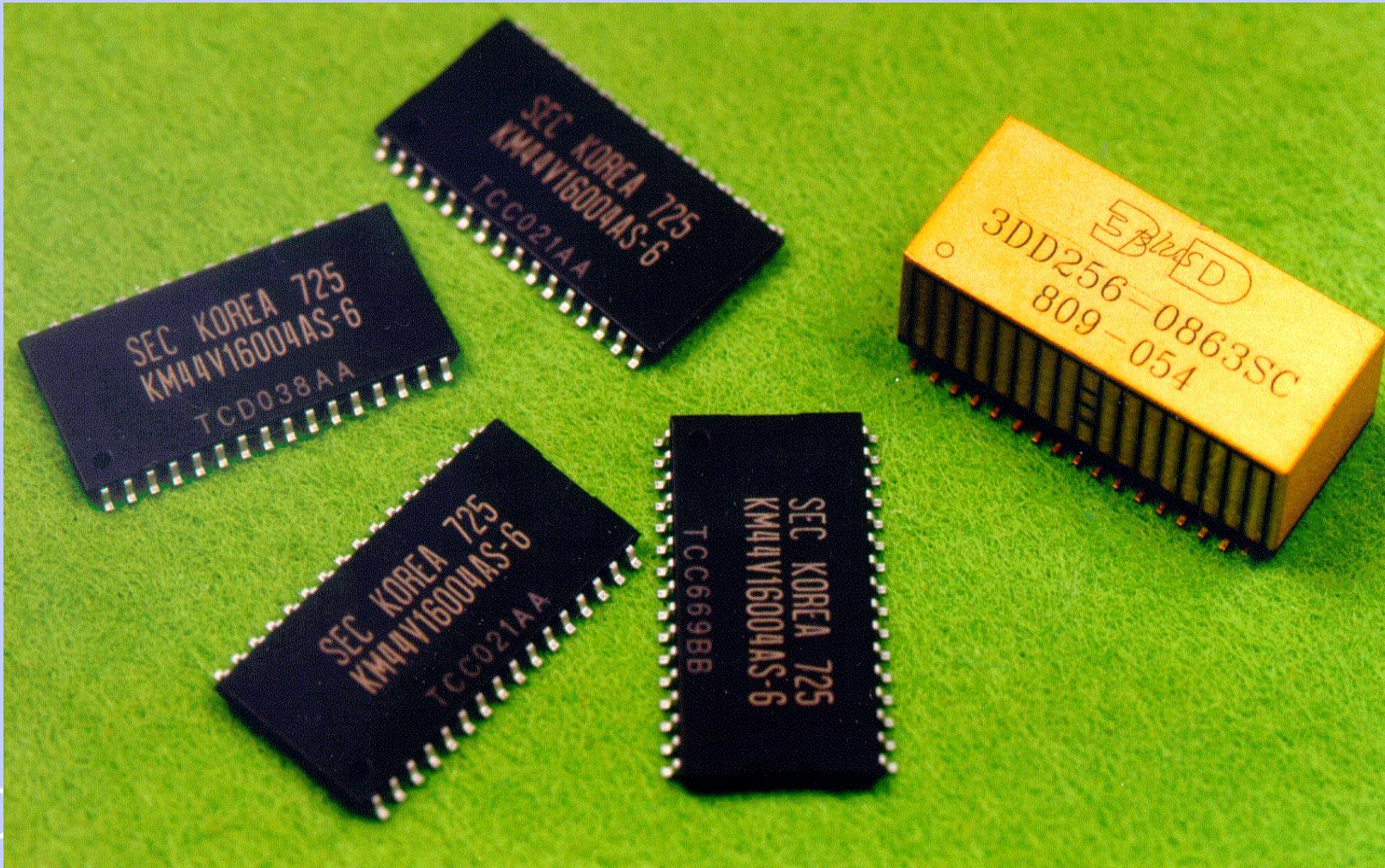
- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Robustification d'assemblages de CEPs et stacks 3D de CEPs

- Structures de test : cartes imprimées équipées de mémoires DRAMs « commerciales » (TSOPs et TSOJ) et modules mémoires 3D :
 - 64 Mbits (Hitachi, Toshiba, Samsung, IBM)
 - Stacks 3D de 4 TSOPs de 64 Mbits (3D Plus/IBM)
- Fabrication de 22 Structures de Test (ST) :
 - 1 ST = 2 cartes équipées (CT 1 et CT 2)
 - CT 1 = report de Hitachi + Toshiba + Samsung
 - CT 2 = report de IBM + 3Dplus

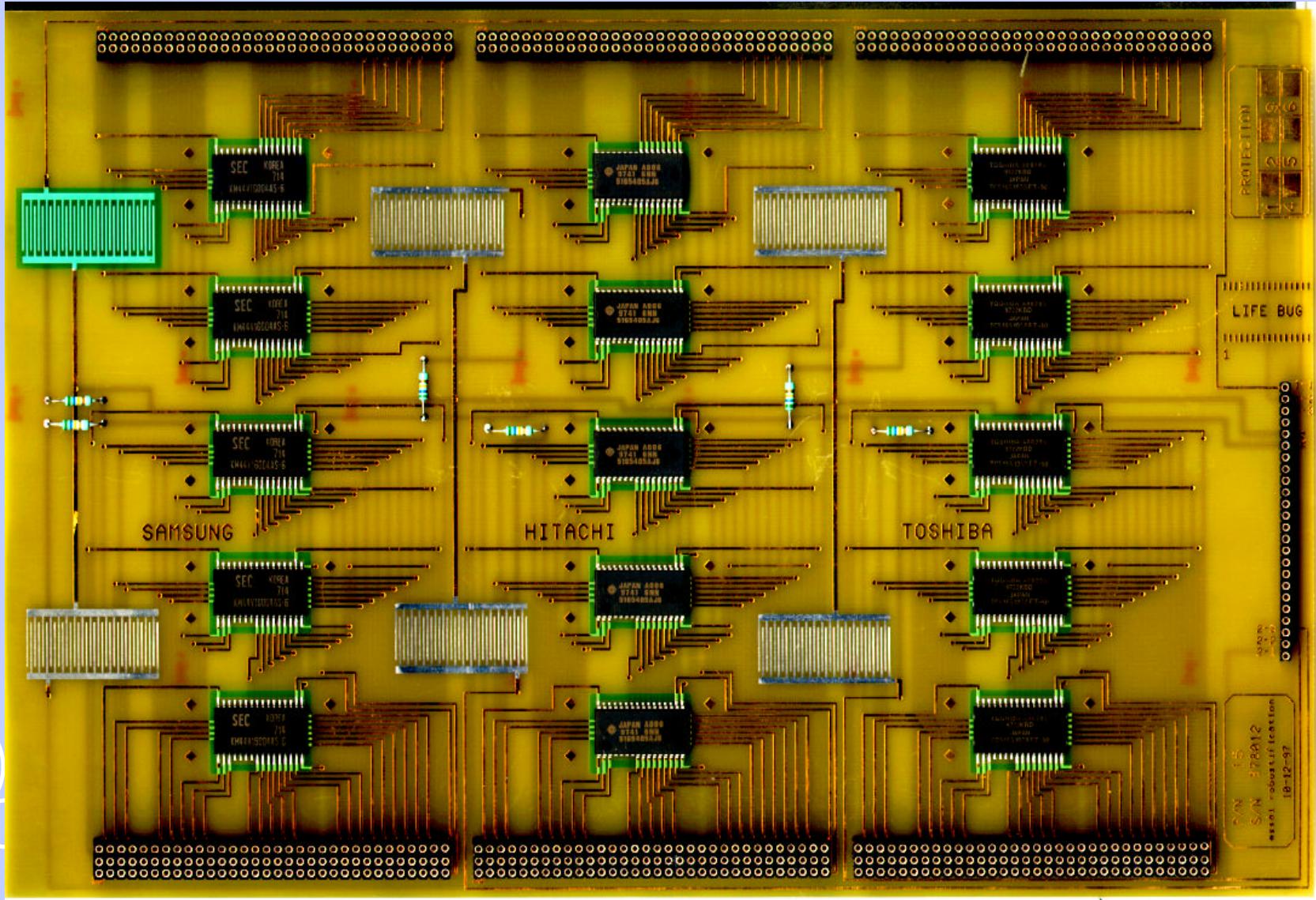
- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Module 3D mémoire DRAM (3D Plus)



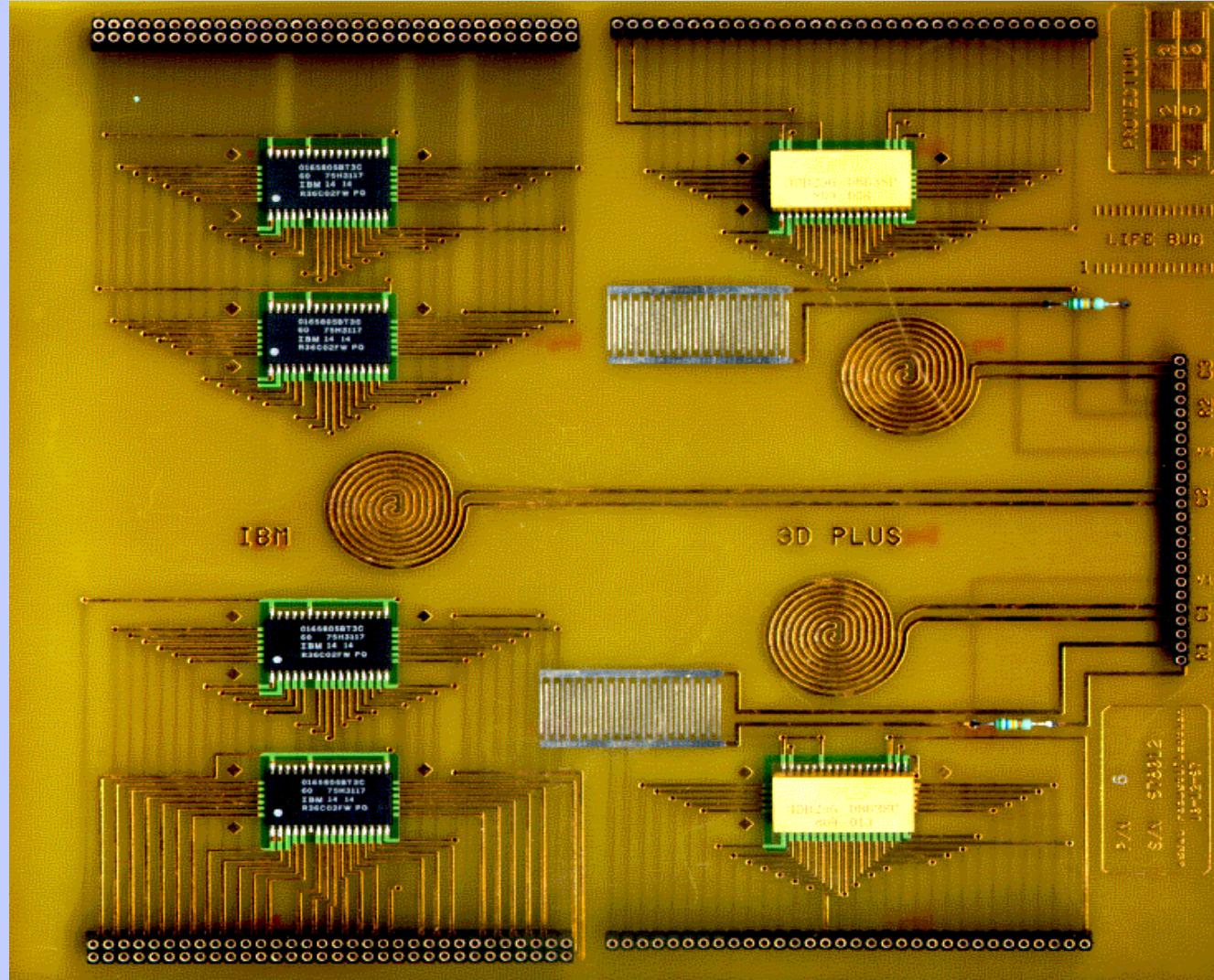
- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Carte de test 1 (CT1)



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Carte de test 2 (CT2)



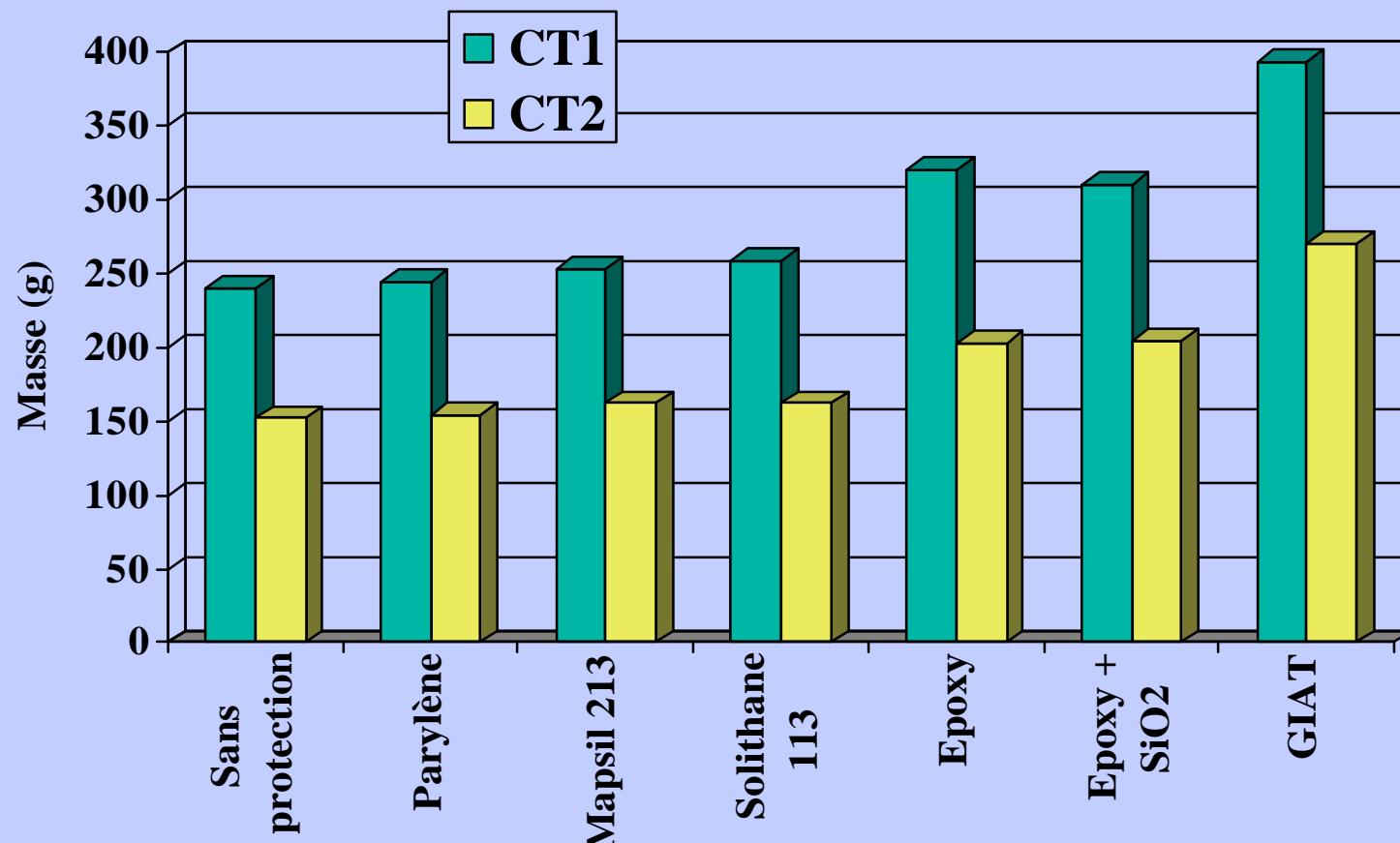
- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Différentes protections évaluées

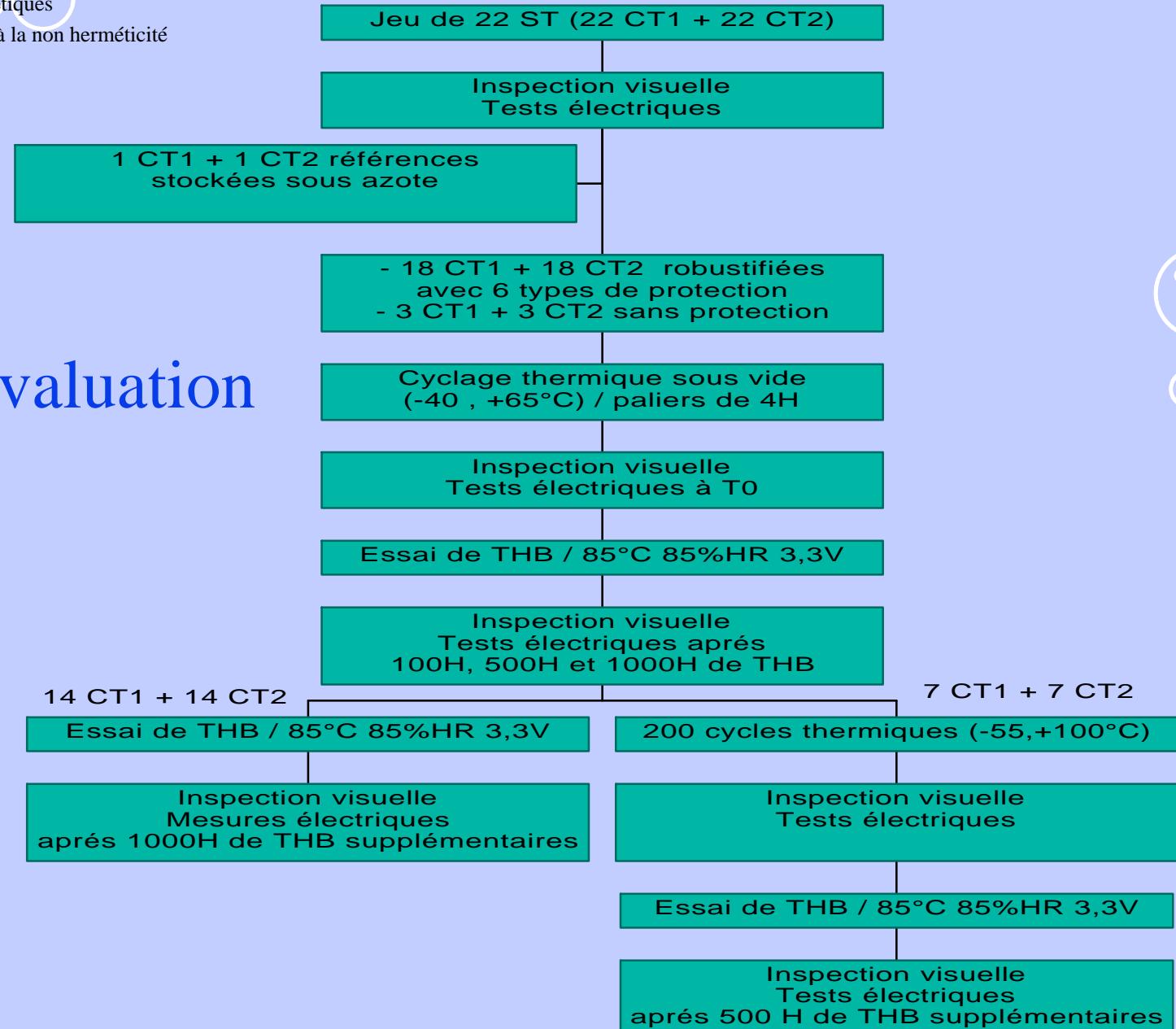
- 7 familles évaluées (3 ST par famille)
 - Sans protection
 - Solithane 113 (Polyuréthane)
 - Mapsil 213 (Silicone)
 - Parylène C
 - FP 4450 (Epoxy)
 - FP 4450 + SiO₂ (Epoxy + couche minérale)
 - Procédé GIAT (Polyuréthane)

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections**
- Essais

Performance en masse des protections évaluées



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections**
- Essais



Plan d'Evaluation

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Principaux résultats

- Inspection visuelle :
 - à T0 : déformation des cartes protégées de vernis époxy (avec ou sans SiO2) : cambrage dû au module élevé de la résine et épaisseur des dépôts hétérogène d'une face à l'autre.
 - après 500H de THB :
 - décollement partiel du vernis Mapsil 213, généralisé à tous les composants
 - décollement partiel de l'époxy FP 4450 sur quelques composants.

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

- Inspection visuelle :

- après 1500H de THB :

- Dégradation du vernis Solithane 113 (brunissement et coulures)
 - Poursuite de la perte d'adhérence du Mapsil 213 sur les composants à encapsulation plastique
 - aggravation des décollements de la protection Epoxy FP 4450 après 200 cycles thermiques

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

- Tests électriques : tests fonctionnels et mesures des paramètres statiques et dynamiques à 25°C (sur 2 ST) et à -20,+25 et +80°C (sur 1 ST)
 - 2 défauts permanents sur mémoires IBM :
 - après report (1)
 - après protection Mapsil 213 et passage en vide thermique (1)
 - 1 défaut permanent sur stack 3D plus avec protection GIAT
 - après 200 cycles thermiques (perte de continuité joints brasés Module/carte) précédés de 1000H de THB sans défaut

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- **Les protections**
- Essais

- Tests électriques :

- Défauts fugitifs* après THB et uniquement sur mémoires IBM (TSOPs ou 3D) avec protection Epoxy avec ou sans couche minérale:

- après 500H (2)
 - après 1000H (6)
 - après 2000H (6)

- Défaut fugitif* : augmentation des valeurs de courants de fuite en entrée ou en sortie, et redevenant normales:
 - après exposition à $T > 25^\circ\text{C}$ (ex: après mesure à 80°C)
 - après reprise des mesures quelques jours après un stockage des cartes à $20^\circ\text{C}/65\%$ HR

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Conclusions

- La « Robustification » de mémoires DRAM 64 Mbits « commerciales » de 4 sources différentes, assemblées sur carte imprimée n'améliore pas leurs performances vis à vis de contraintes de type THB/85 85 jusqu'à 2000H au moins
 - Aucun défaut fonctionnel quelque soit la source de composants et que les cartes soient protégées ou non

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Conclusions

- Défauts ponctuels initiaux sur quelques mémoires IBM (sensibilité aux ESD?)
- Défauts fugitifs (augmentation de courants de fuites) observés uniquement sur le couple IBM / protections Epoxy FP 4450 (phénomènes liés à la pénétration d'humidité et à une plus grande sensibilité de la source IBM ?)

A expertiser

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- **Les protections**
- Essais

Conclusions

- Considérations sur les protections de cartes assemblées:
 - Elles restent utiles vis à vis :
 - des contraintes de manipulation (ESD, etc..)
 - de la protection contre les court-circuits dus à d'éventuelles particules libres conductrices
 - de certaines contraintes mécaniques (mais attention au cyclage thermique)
 - Certaines sont à proscrire car elles induisent une augmentation de masse rédhibitoire

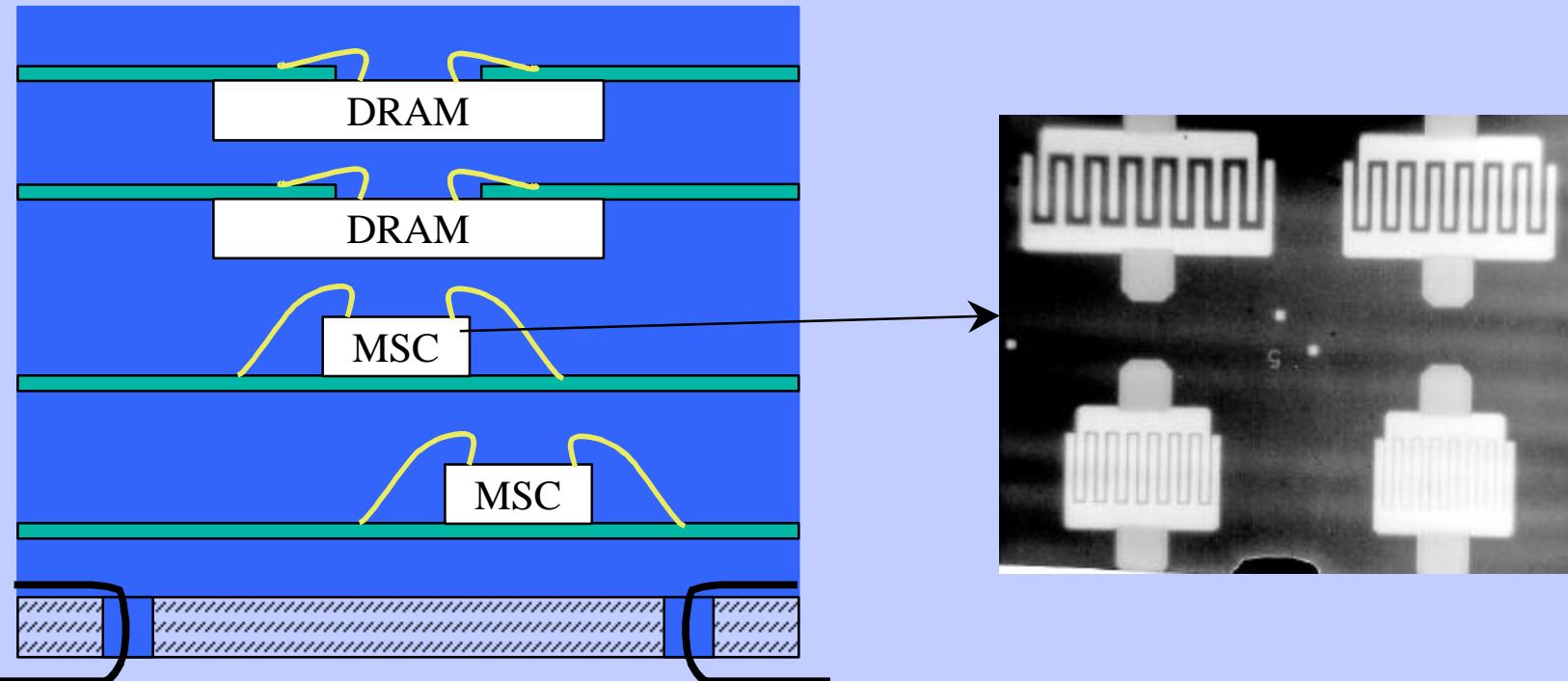
- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Robustification de modules 3D intégrant des puces nues

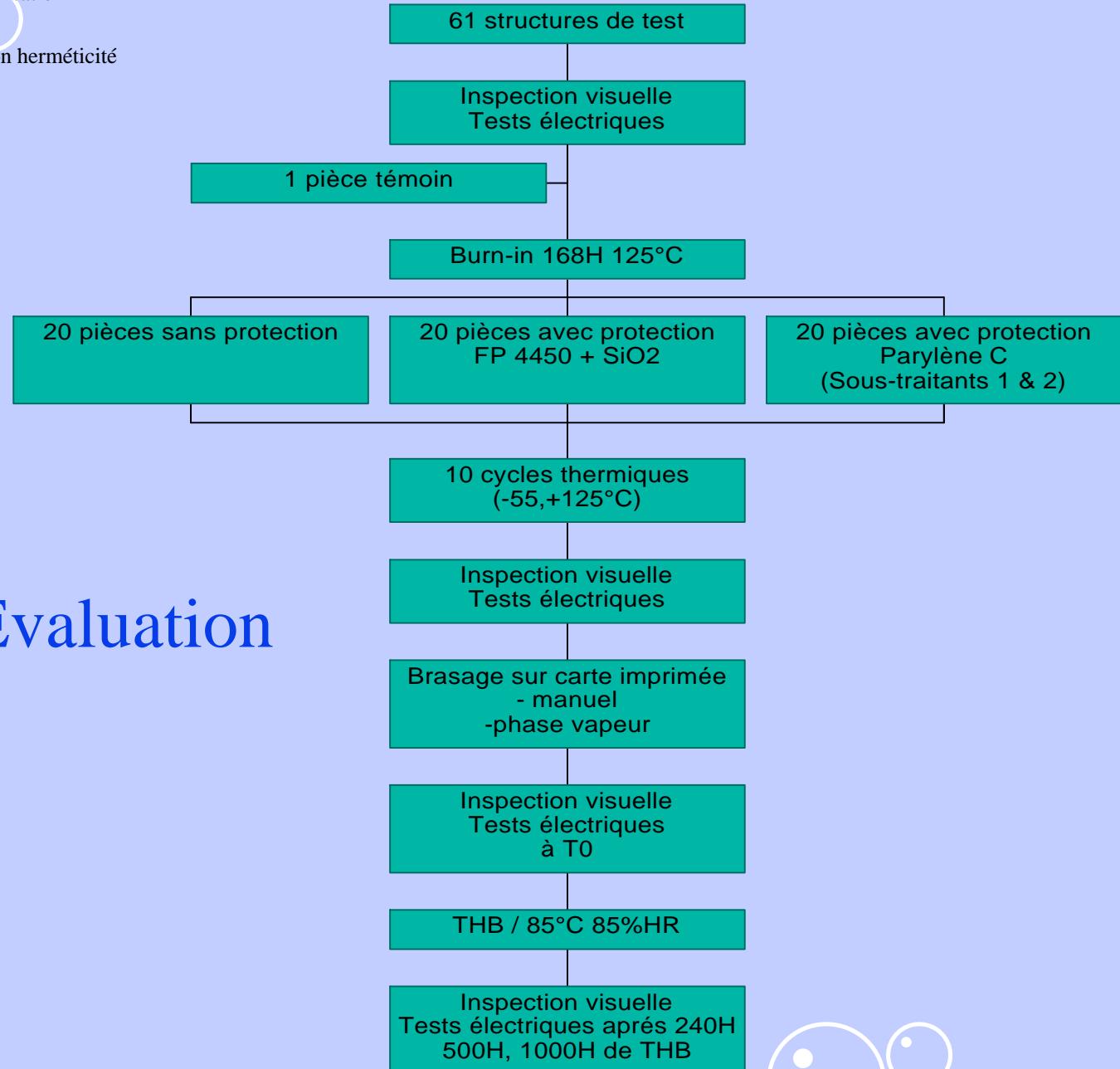
- Structure de test intégrant dans un module 3D :
 - 2 puces mémoire 16 Mbits DRAM
 - 2 senseurs d'humidité (MSC)
- Fabrication de 61 structures de test :
 - 1 témoin
 - 20 sans protection
 - 20 avec parylène C (2 sous-traitants)
 - 20 avec protection FP 4450 + SiO2

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections**
- Essais

Robustification de modules 3D intégrant des puces nues



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections**
- Essais



Plan d'Evaluation

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- **Les protections**
- Essais

Les protections des détecteurs hybridés

- 4 types de configurations
 - Non étanche (Voie CEC He2, STS 02, ISO, COROT, senseur CAL, ..)
 - Etanche (MIR SPOT4)
 - Hermétique (MIR SPOT5)
 - Semi hermétique (IASI, ISGRI)
- Besoin de protection (au moins pour la partie non sensible) pour une amélioration de la fiabilité
- Difficulté: ne pas altérer les performances des détecteurs
=> protection transparente, ou masquage; faible dégazage

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections**
- Essais

Les protections des détecteurs hybridés

- Etude de faisabilité (SODERN): Cas d'un détecteur infrarouge spécifique (bande 14-16 μ m)

	Parylène C	FP 4450 sans objet (détecteur non protégé)	FP 4450 + SiOx sans objet (détecteur non protégé)
Transmission optique	X		
Courant de fuite, capacité parasite (sur multiplexeur)	X	X	
épargne des pixels		X	X

- Faisabilité acquise dans tous les cas,
- Parylène:
 - sur filtre: dans la bande 14-16 μ m: pertes très faibles (<2%) mais avec modification du spectre d'absorption (présence de bandes)
 - sur détecteur: perte importante: 30% (analyse de la cause non réalisée)
 - FP 4450 et FP4450+SiO₂: résultats satisfaisants

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les essais de sensibilité des composants à encapsulation plastique

- L'essai d'intégrité:

- Objectif: s'assurer que les étapes de stockage et report n'induisent pas une fragilisation des composants.
 - Définition: l'intégrité est caractérisée la cohésion et l'adhérence des divers matériaux constituant le composant.
 - Séquence:
 - Tomographie acoustique initiale
 - Simulation de stockage
 - Simulation de report
 - Tomographie acoustique finale

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les essais de sensibilité des composants à encapsulation plastique

- Le préconditionnement:

- Objectif: simule les étapes de stockage et report avant mise en œuvre d'un essai fiabilité.
 - Référence: la norme JEDEC JESD22-A113.
 - Séquence:
 - Fonctionnel électrique initial
 - 5 cycles -40/+60°C
 - Etuvage 24h @ 125°C
 - Simulation de stockage
 - Simulation de report (3 cycles VPR ou IR à 220°C)
 - Nettoyage/ rinçage/ séchage
 - Fonctionnel électrique final

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les essais de sensibilité des composants à encapsulation plastique

- La simulation de stockage sera définie en fonction de la classification du boîtier vis à vis de l 'humidité.

Niveau	Stockage		Simulation	
	Conditions	Durée	Conditions	Durée
1	<30°C/90% RH	Illimitée	85°C/ 85% RH	168h
2	<30°C/60% RH	1 an	85°C/ 60% RH	168h
3	<30°C/60% RH	168h	30°C/ 60% RH	168h + 24h
4	<30°C/60% RH	72h	30°C/ 60% RH	72h + 24h
5	<30°C/60% RH	24h	30°C/ 60% RH	24h + 24h
6	<30°C/ 60% RH	6h	30°C/ 60% RH	6h

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les essais de fiabilité

- THB: Temperature Humidity Bias
 - Conditions: 85°C/ 85% RH/ pression atmosphérique/ pièces polarisées
 - Durée usuelle: 500 à 2000h
- PCT: Pressure Cooker Test
 - Conditions: 121°C/ 100% RH/ 2 atm/ non polarisé
 - Durée usuelle: 96 à 500h
- HAST: Highly Accelerated Stress Test
 - Conditions: 130°C/ 85% RH/ 2.3 atm/ pièces polarisées
 - Durée usuelle: 96 à 500h

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les essais de fiabilité

- Le HAST représente un essai accéléré par rapport au THB.
- Le PCT est l'essai le plus facile à mettre en œuvre et le moins cher. Il est également réputé être le plus discriminant. Toutefois, il peut engendrer des mécanismes de défaillance différents de la réalité.
- Enfin, il simule un stockage du composant uniquement.
- La température d'essai doit être inférieure au Tg de la résine du boîtier.

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les lois d' accélération

- Modèle de Peck- Hallberg:

$$AF = \left(\frac{RH_2}{RH_1} \right)^n \times \exp \left[\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \right]$$

n= 2.7 à 3, Ea= 0.79 à 0.9eV

- Modèle de Sinnadurai:

$$AF = \exp \left[X(RH_1^n - RH_2^n) + \frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \right]$$

X= -0.00044, n=2, Ea= 0.6 à 0.9eV

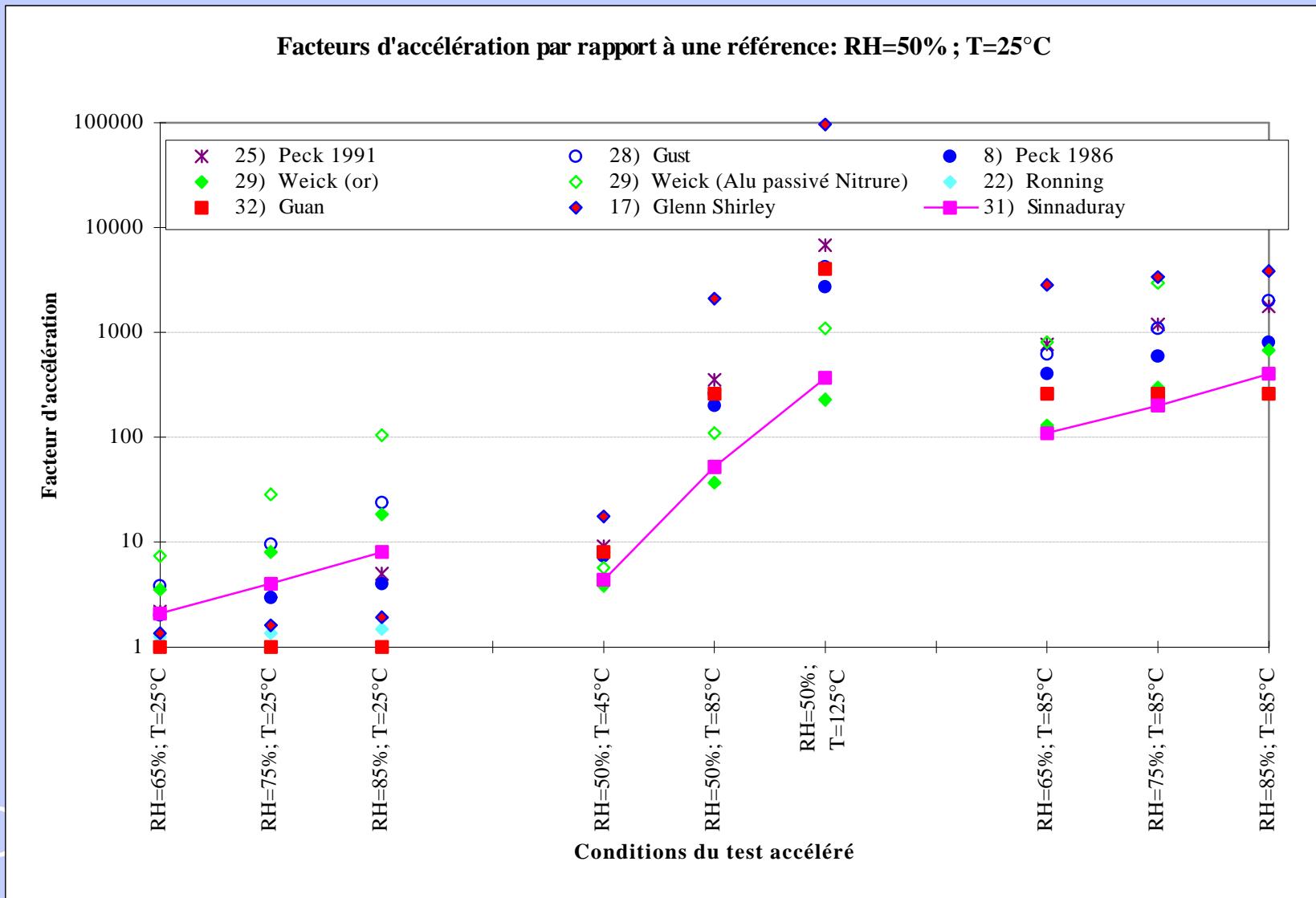
- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non hermétisation
- Les protections
- Essais

Différents modèles (source CALCE)

Author	Comments	Test Devices	Test Conditions	Failure Criteria
Reich and Hakim [8]	Model was developed from field failure data obtained in Panama.	Several pnp devices and ICs	80° C/80%RH 94° C/92%RH 121° C/100%RH	$I_{CBO} > 1\mu A$, $h_{FE} > 20$, $h_{FE} > 400$, $V_{BE} > 1.75V$
Lawson [6]	Quadratic dependence of MTTF on relative humidity was established	Small signal npn, either SO94 or 14-lead DIP	70° C, 85° C, 108° C with 45% - 97% RH	$I_{CBO} < 20nA$ $\Delta 10mA$ gain > 25% $V_{SAT} > 25mV$
Lycoudes [9]	Based on observations and conclusions from various studies	Op amps - 14 pin phenolic w/ a die coat and 8 pin epoxy w/o a die coat	80° C/80%RH 121° C/100%RH	Lack of functionality
Gunn [10]	Different activation energies were observed for different passivation materials	Bipolar ICs and NMOS DRAMs	85° C/81%RH, 115° C/81%RH, 130° C/81%RH, and 150° C/81%RH under 70V bias	Lack of functionality
Sinnadurai [19]	Several types of plastic coatings for transistors were tested under damp heat conditions	Plastic encapsulated transistors	108° C at 70%RH, 80%RH, and 90%RH under 3-15V bias	Parametric shift outside prescribed limits
Merrett [13]	Different activation energies were observed for different vendors and different temperatures	CMOS 4011 encapsulated in epoxy novolac	131° C/90%RH, 121° C/90%RH, 110° C/90%RH, and 85° C/85%RH	Lack of functionality
Guan [20]	New failure mechanism of passivation microcracks was observed	DRAM DIPs	THB 85°C/85%RH, 85°C /81%RH, 85°C /75%RH, 70° C/85%RH HAST 135° C/85%RH, 138° C/75%RH, 138° C /50%RH, 127° C /85%RH	Lack of functionality
Peck [15]	Model based on regression analysis of data from results of several THB studies	Various epoxy encapsulated devices	Various test conditions included	Various
Shirley-Hong [3]	For passivation microcracks leading to threshold voltage shifts	PQFP SRAMs with 84 and 100 leads	Voltage bias tests and power cycling HAST 85° C/85%RH, 130° C /85%RH	Lack of functionality
Hallberg and Peck [7]	Model based on regression analysis of data collected from the results of several THB studies	Experimental data collected from various sources	Various test conditions included	Various
Polman [11]	Variation in activation energy for different vendors	SRAMs from various sources	130° C/85%RH, 140° C/85%RH, 150° C/30%RH under 5V bias	Lack of functionality
Tam [21]	Model based on Peck's model with different coefficients	TI 74LS00N w/ 1987 date code	80° C/80%RH 120° C/85%RH 130° C/85%RH	Unspecified

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les lois d' accélération



- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Les lois d 'accélération

- Autres paramètres influençant les facteurs d'accélération:
 - La pression de vapeur d 'eau
 - La teneur en contaminants ioniques
 - La tension de polarisation
 - La géométrie du composant,..
- Quelques tendances:
 - Le HAST est 15 à 30 fois plus rapide que le THB,
 - En première approximation: même facteur d 'accélération pour HAST et PCT.
 - 500h de HAST simulent 20 ans d 'utilisation en climat tropical (35°C/ 90% RH).

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Conclusions

- Deux types d 'essais:
 - Les essais d 'évaluation de la sensibilité aux étapes stockage / report
 - Les essais de fiabilité (après préconditionnement):
 - Principalement de deux types: Cyclages thermiques et chaleur humide.

Le choix de l'essai dépendra des divers critères:

- Mise en œuvre/ délais/ coût
- Objectif de l 'essai (évaluation/ validation de lot)
- Profil mission

Plusieurs lois d 'accélération disponibles pour évaluer les facteurs d 'accélération.

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Bibliographie (encapsulation/protection)

	TITRE	REFERENCE	AUTEUR/SOCIETE	ENCAPSULATION / PROTECTION
1	A moisture protection screening test for hybrid circuit encapsulants	Electronic Component Conference	Bell Telep	01-jan-81
2	A novel process for high reliability non-hermetic packaging	IEPS	Avanteco	01-jan-95
3	A production parylene coating process for hybrid microcircuits	IEEE transactions on parts, hybrids, and	Teledyne	01-sep-77
4	A protective conformal coating for hybrid circuits	H.C.T.	R. OLSON	01-jun-85
5	Alternative test method to evaluate the humidity behavior of coating materials	H.C.T.	W. SMETANA	01-oct-85
6	Chip and wire technology: the ultimate in surface mounting	EP&P	G.L. GINSB	01-aoû-85
7	Chip-on-board alters the landscape of PC boards	EP&P	R. KEELER	01-jul-85
8	Contamination control in hybrid microcircuit modules	CR-161778	NASA	01-aoû-79
9	Development for application of parylene coatings	NASA-CR-120536	Hughes Aircraft	01-jun-74
10	Development of a new low-stress hyperred LED encapsulant	IEEE CHMT	Philips	01-sep-89
11	Electrochemical impedance spectroscopic study of encapsulated triple tracks test (TTT)	IEEE Transactions on reliability	IBM Endicott	01-mar-97
12	EVALUATION OF DIE COATING MATERIALS FOR CHIP-ON-BOARD TECHNOLOGY	MCM	NASA Goddard Space	02-avr-97
13	Hybrid technology loose particles and coating materials		Rockwell I	
14	Liquid dropping resin for IC encapsulation	IEEE CHMT	Sumitomo Bakelite Co.	01-mar-88
15	Low temperature plasma deposition of silicon nitride to produce ultra-reliable, high	IEEE CHMT	Ionic syst	01-jan-94
16	Microwave assisted curing of die attach epoxies and conformal coatings	H.C.T.	S. CHITRE	01-aoû-85
17	Non-hermetic encapsulation and assembly techniques for optoelectronic applications	Microelectronics International	BT Laborat	01-jan-96
18	Parylene and its application to electronics	EP&P	Nova Tran	01-mai-80
19	Parylene pellicles for space applications		Union Carb	01-oct-77
20	Permeability of Water in Parylene C	Web	Nova tran	01-jan-98
21	Protection des puces électroniques	CNET 81 35 038	Dassault E	01-jan-81
22	Reliability to moisture-proof characteristics of resin coated electronic parts	Bull. of the electr. laboratory	Electr. la	01-jan-76
23	Sealed chip-on-board	EP&P	Hughes Aircraft	01-sep-94
24	Silicone conformal coatings for microcircuits	ISHM	Hughes Aircraft	01-jan-81
25	STATUS OF NCMS CHIP-ON-BOARD PROJECT	MCM	Hughes Aircraft	02-avr-97
26	Study of Conformal Coating on Chip-on-Board (COB) Technology for Space Applications	EEE Link	NASA	01-jul-97
27	Understanding the effectiveness of parylene coatings in the protection of plastic	Web	NASA	01-mar-95

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Bibliographie (corrosion)

	TITLE	REFERENCE	AUTEUR/SOCIETE	CORROSION
28	A survey of corrosion failure mechanisms in microelectronic devices	RCA Review	RCA	01-jan-79
29	Adhesive related failure mechanisms in military hybrid packages	ISHM	Amicon/Grace	01-jan-84
30	Aluminum conductor line corrosion	Reliability physics	IBM Corp.	01-jan-83
31	Aluminum corrosion in the presence of phosphosilicate glass and moisture	RCA Review	RCA	01-déc-76
32	CF4/O2 Plasma accelerated aluminum metallization corrosion in plastic encapsulated ICs	Reliability physics	Harris sem	01-jan-81
33	Corrosion criteria for electronic packaging	IEEE CHMT	Western Di	04-déc-90
34	Corrosion failures of integrated circuit leads in electronic packages	Trans. Indian Inst. Met. n° 1	Vikram Sar	01-jan-82
35	Corrosion of aluminum IC metalization with defective surface passivation layer	Reliability physics	RCA	01-jan-80
36	Corrosion of In-base solders	Reliability physics	Westinghouse	01-jan-78
37	Degradation of gold-aluminium ball bonds by aging and contamination	IEEE CHMT	Max-Planck-Institut für	01-déc-95
38	Effect of salt solutions on Aluminum	The Corrosion handbook	Electroche	
39	Evaluation of polymeric coatings for MCM applications	IEEE CHMT	MCC	01-nov-95
40	Failure mechanisms in hybrid microcircuits teach valuable lessons	EP&P		01-jan-84
41	Low corrosion lids for microcircuit packages	Solid State Technology	Electro-al	01-déc-89
42	On the resistance increase of gold-aluminum wire bonds	HYBRID CIRCUITS	Fraunhofer	26-sep-91
43	Plastic outgassing induced wire bond failure	Electronic Component Conference	MOTOROLA, INC.	01-jan-77
44	Polymer encapsulants for microelectronics: mechanisms for protection and failure	IEEE CHMT	Ford Motor Comp.	01-mar-88
45	Principles of corrosion	Reliability physics	TEXAS	01-jan-74
46	Proving reliability in non-compliant product	EP&P	IBM Corp.	01-nov-92
47	Reaction kinetics of Al films with phosphosilicate glass (PSG) in semiconductors	Reliability physics	IBM Corp.	01-jan-81
48	Soldering fluxes utilised by some european manufacturers of electronic equipment for	ESTEC n° 1153	ESTEC	01-oct-78
49	The corrosive effect of soldering fluxes and handling on some electronic materials	Welding Journal	ESTEC	01-oct-80
50	The effectiveness of silicone gels for corrosion prevention of silicon circuits: the final	IEEE CHMT	BALDE J. W.	01-jun-91
51	The effects of ionic contamination on wirebond reliability	ISHM	HEWLETT-PACKARD	01-jan-84
52	The effects of phosphorus-doped passivation glass on the corrosion of aluminum	Reliability physics	MOTOROLA, INC.	01-jan-74

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Bibliographie (diffusion/pop-corn)

	TITLE	REFERENCE	AUTEUR/SOCIETE	DIFFUSION	POP-CORN
53	Analysis of package cracking during reflow soldering process	IEEE IRPS	Hitachi Ltd	01-jan-98	⊕
54	Diffusion model to derate moisture sensitive surface mount ICs for factory use conditions	Electronic Component Conference	AT&T Bell Laboratories	01-jan-95	
55	Etude des mécanismes et conditions de dégradation de composants électroniques à	Thèse	Université Paris VI	16-sep-92	
56	Influence of preheat and maximum temperature of the solder-reflow profile on moisture	Electronic Component Conference	Lucent Technologies	01-jan-97	
57	Moisture diffusion and heat transfer in plastic IC packages	IEEE TCPMT Part A	University of Singapore	01-jun-96	
58	Moisture diffusion and vapour pressure modeling of IC packaging	Electronic Component Conference	Institute of	01-jan-98	
59	Moisture ingress into nonhermetic enclosures and packages. A quasi-steady state model	Electronic Component Conference	Bell northern Research	01-jan-94	
60	THB reliability models and life prediction for intermittently-powered non-hermetic	IEEE IRPS	Intel Corp	01-jan-94	
61	The mathematics of diffusion	OXFORD at the CLARENDON PRESS	J. CRANK		
62	WAter sorption in epoxy thin films	IEEE CHMT	University of california	01-sep-89	
63	An experimental study of popcorning in plastic encapsulated microcircuits	IEEE TCPMT Part A	M Pecht		01-jun-96
64	Analysis of package cracking during reflow soldering process	IEEE IRPS	Hitachi Ltd		01-jan-98
65	In-situ measurement of surface mount IC package deformations during reflow soldering	IEEE TCPMT Part C	M PECHT		01-jul-97
66	Influence of preheat and maximum temperature of the solder-reflow profile on moisture	Electronic Component Conference	Lucent Technologies	01-jan-97	
67	Moisture diffusion and heat transfer in plastic IC packages	IEEE TCPMT Part A	University of Singapore		01-jun-96
68	Moisture diffusion and vapour pressure modeling of IC packaging	Electronic Component Conference	Institute of		01-jan-98
69	Moisture induced package cracking in plastic encapsulated surface mount components	IEEE IRPS	IBM		01-jan-88
70	Moisture sensitivity ratings for SMT packages	SMT	Melville P.		01-sep-94
71	Thin type packaging: an effective way to improve the popcorn resistance of plastic	IEEE IRPS	Alcatel Bell		01-jan-93

- Eléments de base: Définitions/Caractérisation
- Les composants EEE non hermétiques
- Mécanismes de défaillance liés à la non herméticité
- Les protections
- Essais

Bibliographie (essais, fiabilité)

	TITRE	REFERENCE	AUTEUR/SOCIETE	TESTS DE FIABILITE
72	A new reliability prediction model for plastic devices in military and rugged environment	ISHM	Thomson CSF	01-jan-92
73	Assembly-level reliability: a methodology for effective manufacturing of IC packages	IEEE transactions on reliability	NATIONAL	01-mar-95
74	Demonstrated reliability of plastic-encapsulated microcircuits for missile applications	IEEE transactions on reliability	TexAS INSTRUMENTS,	01-mar-95
75	Environmental stress screening experiment using the taguchi method	IEEE	Sun Microsystems	01-jan-85
76	Influence de l'environnement hygrométrique et thermique sur la fiabilité des équipements		CNET	01-jan-85
77	Molding compound trends in a denser packaging world: qualification tests and reliability	IEEE transactions on reliability	National	01-déc-93
78	Plastic encapsulated IC reliability prediction modelling: principal results	Quality and Reliability Engineering	Thomson CSF	02-avr-93
79	plastic packaged microcircuits: quality, reliability, and cost issues	IEEE Transactions on reliability	CALCE	01-déc-93
80	Plastic packaging is highly reliable	IEEE Transactions on reliability	SINNADURAI N.	01-jan-96
81	Plastic-encapsulated microcircuit reliability & cost-effectiveness study	IEEE Transactions on reliability	Rockwell International	01-mar-96
82	Recent humidity accelerations, a base for testing standards	Quality and Reliability Engineering	Ericsson	01-fév-91
83	Recueil de données de fiabilité du cnet		CNET	01-jan-83
84	Reliability assessment of fielded plastic and hermetically packaged microelectronics	IEEE Transactions on reliability	Honeywell	01-mar-96
85	Reliability comparisons for plastic-encapsulated microcircuits	IEEE Transactions on reliability	TexAS INSTRUMENTS,	01-mar-95
86	Reliability evaluation of plastic encapsulated parts	IEEE Transactions on reliability	CALCE	01-déc-93
87	Reliability of plastic-packaged CMOS devices	ST-6910	RCA	01-avr-80
88	Reliability prediction: The applicability of high temperature testing	Solid state technology	TriQuint S	01-sep-90
89	The appropriateness of plastic encapsulated microcircuits in a specific wooden-round	IEEE transactions on reliability	Textron defense	01-mar-96
90	The effect of plastic packaging on interconnection reliability for military applications	Electronic Component Conference	US Army	01-jan-73
91	Tutorial: temperature as an input to microelectronics-reliability models	IEEE transactions of reliability	MOTOROLA, INC.	01-mar-96