

ANNEXES

ANNEXE A

Paramètres de rugosité (Doc. UBM)

R_a

DIN 4768 /1
ISO/DIS 4287 /1

Y mean

R_a is the arithmetic average of the absolute values of all points of the profile and can be understood as the height of the rectangle with the same length and surface as the profile enclosed with the centre line. R_a is also known as CLA (centre line average height) or AA (arithmetic average).
Y mean is the arithmetic average of all points in the roughness filtered profile.

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

$$Y_{mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

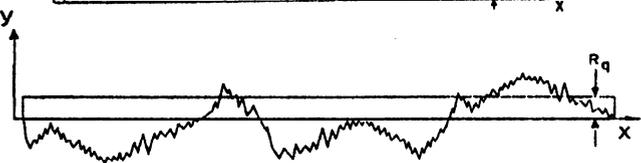


R_q

DIN 4762 /1E
ISO/DIS 4287/1

R_q is the RMS (root mean square) of the values of all points of the profile.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2}$$



R_p is the maximum distance between the highest profile point and the mean line of the profile after the profile has been filtered according to DIN 4768.

R_{pm} is the arithmetic average of the R_p values of 5 consecutive sections each of length l_c of the entire measurement trace.

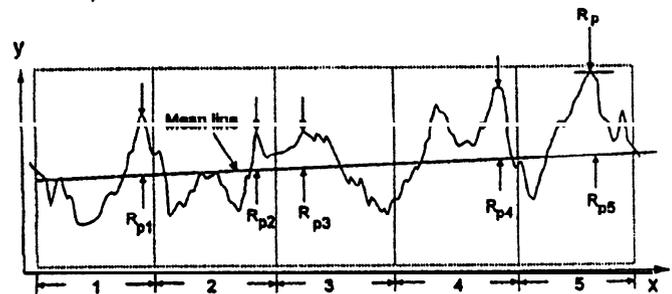
R_p

DIN 4762 /1E
ISO 4287 /1

R_{pm}

DIN 4762 /1E
ISO 4287 /1

$$R_{pm} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{pi}$$

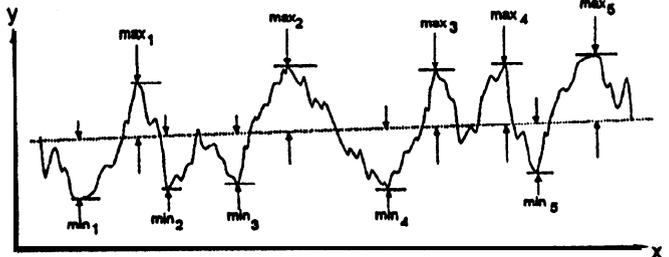


R_Z ISO is the maximum individual peak to valley height - and is the arithmetic average of the 5 highest profile peaks and 5 lowest profile valleys over the entire (unfiltered) measurement trace. Peaks and valleys are defined as profile sections between two consecutive intersections with the centre line.
R_Z ISO is also called "ISO 10 Point Height"

R_Z ISO

ISO 4287 /1

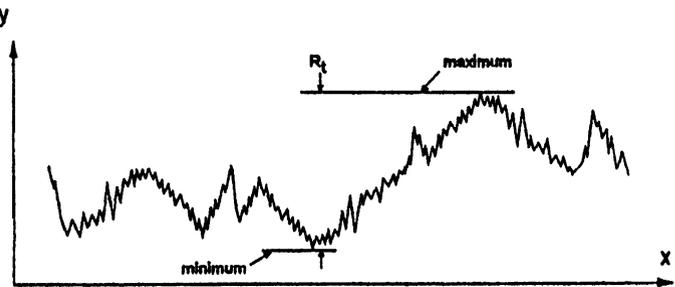
$$R_{Z ISO} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (max_i + min_i)$$



R_t is the maximum peak to valley height of the entire measurement trace.

R_t

DIN 4762 /1E
ISO/DIS 4287/1



R_Z DIN is the mean peak to valley height and is the arithmetic average of the maximum peak to valley height of the roughness values Y₁ to Y₅ of 5 consecutive sampling sections over the filtered profile. R_Z DIN is also known as R_t.

R_{max} is the maximum individual roughness depth encountered as determining R_Z DIN.

R_{tm}

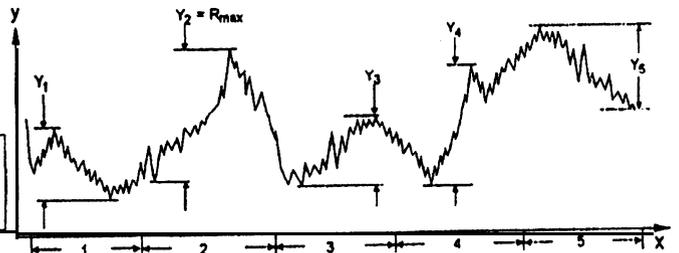
R_Z DIN

R_{max}

DIN 4768 /1

DIN 4768 /1

$$R_{Z DIN} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_i$$



ANNEXE B

Programme de simulation par éléments finis

Ce programme (ANSYS 5.0a) simule la réponse en pression d'une membrane de 3 mm de côté, 20 μm d'épaisseur recouverte par 0,5 μm d'oxyde thermique (1130°C). A la fin du programme les deformations en surface du corps d'épreuve sont triées en lignes colonnes et sorties sous forme de fichier texte.

```
! Fichier coupleans
! *****
!* REPNSE EN PRESSION D'UNE MEMBRANE OXYDEE PRECONTRAINTE      *
!*                               Christophe MALHAIRE 19%         *
! *****
!
! Programme flexible : on peut modifier le maillage sans se soucier
! des numéros de noeud. Les données (contraintes, &formations en
! surface de l'oxyde) sortent triées pour être exploitées ultérieurement.

/FILNAM,essai
/TITLE,Thermoelastical strain
/UNITS,SI                ! unites [kg], [m], [s]
! *****
/!PREP7
!----- Paramètres géométriques du quart de la structure [m] -----
! la membrane est dans le plan xy (x>0,y>0)

A=1.5E-3                ! demi longueur en x de la membrane
B=1.5E-3                ! demi longueur en y de la membrane
EPAIS=20E-6             ! Cpaisseur de la membrane en silicium
BASPILE=1.7E-3          ! longueur du bas de la pile
WAFER=350E-6           ! Cpaisseur du wafer
EPOX=0.5E-6            ! Cpaisseur de l'oxyde en surface

! ----- Maillage : divisions des lignes -----
divox= 1                ! Cpaisseur de l'oxyde en surface
divep=2                 ! Cpaisseur de la membrane
divx= 18                ! membrane en x
divy=18                 ! membrane en y
divpz=3                 ! hauteur des piles
divpx=4                 ! pile en x dessus et dessous
divpy=4                 ! pile en y dessus et dessous

! ----- coefficients d'expansion -----
expx=4                  ! coeff d'expansion demi membrane x
expy=4                  ! coeff d'expansion demi membrane y
```

divpx=4 ! pile en x dessus et dessous
divpy=4 ! pile en y dessus et dessous

! ----- coefficients d'expansion -----

expx=4 ! coeff d'expansion demi membrane x
expy=4 ! coeff d'expansion demi membrane y
expdx=3 ! dessus pile de gauche en x
expdy=3 ! dessus pile en haut en y
expint=4 ! intérieur des piles
expext=4 ! extérieur des piles
expbasx=3 ! bas des piles en x
expbasy=3 ! bas des piles en y
explongx=3 ! long du bas de la pile en x
explongy=3 ! long du bas de la pile en y

! ----- Propriétés du silicium <110>-----

S11=5.9187E-12 ! complaisance à 25°C
S12=-0.3698E-12 ! [Pa]⁻¹=[N/m²]⁻¹
S13=-2.14197E-12
S33=7.69087E-12
S44=12.577E-12
S66=19.6657E-12

TB,ANEL,1,1,
TBTEMP,298.15, ! Sij à 25°C, soit 298.15 K
TBDATA,1,S11,S12,S13,0,0,0 ! Attention à l'ordre de ces coefficients
TBDATA,7,S11,S13,0,0,0,S33
TBDATA,13,0,0,0,S66,0,0
TBDATA,19,S44,0,S44

MP,ALPX,1,4.001e-6 ! coefficient de dilatation thermique moyen
! obtenu à partir de l'intégrale entre 25 et 1130

! ----- Propriétés du SiO₂ -----

YOUNGOX=72.8E9 ! module d'Young moyen [N/m²] 72.8 GPa
POIOX=0.165 ! coeff de Poisson moyen
CDOX=0.578E-6 ! coeff dilatation th moyen entre 25°C et 1130°C

MP,EX,2,YOUNGOX
MP,NUXY,2,POIOX
MP,ALPX,2,CDOX

! Variables supplémentaires calculées en tenant compte de
! l'angle de 54°74 entre les plans 111 et 100

HAUTPILE=BASPILE+(WAFER-EPAIS)/1.41235
X19=(WAFER-EPAIS)/1.41235+A
Y25=(WAFER-EPAIS)/1.41235+B

K, 10,0,0,-EPOX
 K, 11 ,A,0,-EPOX
 K, 12,A+HAUTPILE,0,-EPOX
 K, 13,A+HAUTPILE,B,-EPOX
 K, 14,A+HAUTPILE,B+HAUTPILE,-EPOX
 K, 15,A,B+HAUTPILE,-EPOX
 K, 16,0,B+HAUTPILE,-EPOX
 K, 17,0,B , -EPOX
 K,18,A,B,-EPOX

K, 19,0,0,-EPOX-EPAIS
 K,20,A,0,-EPOX-EPAIS
 K,21,A+HAUTPILE,0,-EPOX-EPAIS
 K,22,A+HAUTPILE,B,-EPOX-EPAIS
 K,23,A+HAUTPILE,B+HAUTPILE,-EPOX-EPAIS
 K,24,A,B+HAUTPILE,-EPOX-EPAIS
 K,25,0,B+HAUTPILE,-EPOX-EPAIS
 K,26,0,B , -EPOX-EPAIS
 K,27,A,B,-EPOX-EPAIS

K,28,X19,0,-WAFER-EPOX
 K,29,A+HAUTPILE,0,-WAFER-EPOX
 K,30,A+HAUTPILE,Y25,-WAFER-EPOX
 K,31,A+HAUTPILE,B+HAUTPILE,-WAFER-EPOX
 K,32,X19,B+HAUTPILE,-WAFER-EPOX
 K,33,0,B+HAUTPILE,-WAFER-EPOX
 K,34,0,Y 25,- WAFER-EPOX
 K,35,X19,Y25,-WAFER-EPOX

! ----- Définition des volumes-----

V,1,2,9,8,10,11,18,17 ! vol n°1 (oxyde)
 V,2,3,4,9,11,12,13,18 ! vol n°2
 V,9,4,5,6,18,13,14,15 ! vol n°3
 V,8,9,6,7,17,18,15,16 ! vol n°4

 V,10,11,18,17,19,20,27,26 ! vol n°5 (membrane)
 V,11,12,13,18,20,21,22,27 ! vol n°6 (dessus pile x)
 V,18,13,14,15,27,22,23,24 ! vol n°7 (dessus pile xy)
 V,17,18,15,16,26,27,24,25 ! vol n°8 (dessus pile y)

 V,20,21,22,27,28,29,30,35 ! vol n°9 (pile x)
 V,27,22,23,24,35,30,31,32 ! vol n°10 (pile xy)
 V,26,27,24,25,34,35,32,33 ! vol n°11 (pile y)

! ----- Affichage -----

/ANGLE,,-90,XM ! orientation et effet de perspective
 /VCONE,, 10
 /TRIAD,LTOP
 /PLOPTS,TITLE,0
 /PLOPTS,MINM,0
 /VIEW,,-1.5,1.2,2
 LPLOT ! affiche les lignes

! ----- Maillage -----

LSEL,S,LOC,Z,-(EPOX/2)
 LESIZE,ALL,,divox

LSEL,ALL

LSEL,S,LOC,Z,-(EPOX+EPAIS/2)

LESIZE,ALL,,,divep

LSEL,ALL

LESIZE,1,,,divx,-expx

LESIZE,3,,,divx,-expx

LESIZE,29,,,divx,-expx

LESIZE,6,,,divx,-expx

LESIZE,10,,,divx,-expx

LESIZE,31,,,divx,-expx

LESIZE,35,,,divx,-expx

LESIZE,39,,,divx,-expx

LESIZE,52,,,divx,-expx

LESIZE,68,,,divx,-explongx

LESIZE,70,,,divx,-explongx

LESIZE,4,,,divy,-expy

LESIZE,2,,,divy,-expy

LESIZE,14,,,divy,-expy

LESIZE,12,,,divy,-expy

LESIZE,8,,,divy,-expy

LESIZE,18,,,divy,-expy

LESIZE,41,,,divy,-expy

LESIZE,37,,,divy,-expy

LESIZE,44,,,divy,-expy

LESIZE,62,,,divy,-explongy

LESIZE,58,,,divy,-explongy

LESIZE,13,,,divpx,expdx

LESIZE,15,,,divpx,1/expdx

LESIZE,22,,,divpx,1/expdx

LESIZE,17,,,divpx,1/expdx

LESIZE,20,,,divpx,1/expdx

LESIZE,26,,,divpx,1/expdx

LESIZE,43,,,divpx,1/expdx

LESIZE,46,,,divpx,1/expdx

LESIZE,49,,,divpx,1/expdx

LESIZE,56,,,divpx,1/expbasx

LESIZE,60,,,divpx,1/expbasx

LESIZE,65,,,divpx,1/expbasx

LESIZE,21,,,divpy,expdy

LESIZE,23,,,divpy,1/expdy

LESIZE,30,,,divpy,1/expdy

```

LESIZE,24,,,divpy,expdy
LESIZE,28,,,divpy,1/expdy
LESIZE,33,,,divpy, llexpdy

LESIZE,47,,,divpy,expdy
LESIZE,51,,,divpy, llexpdy
LESIZE,54,,,divpy,1/expdy

LESIZE,63,,,divpy,expbasy
LESIZE,67,,,divpy,1/expbasy
LESIZE,72,,,divpy,1/expbasy

LESIZE,57,,,divpz,1/expint
LESIZE,61,,,divpz,1/expint
LESIZE,69,,,divpz,1/expint

LESIZE,55,,,divpz,expext
LESIZE,59,,,divpz,1/expext
LESIZE,64,,,divpz,1/expext
LESIZE,66,,,divpz,1/expext
LESIZE,71,,,divpz,1/expext
! ----- Définition de l'élément type -----
ET,1,64,0,,,1,0,0,,,
MAT,1
TYPE,1
VMESH,5,11

ET,2,45,0
MAT,2
TYPE,2
VMESH,1,4

EPLT
FINISH
! *****

/SOLU
ANTYPE,STATIC           ! analyse statique
PSTRES,ON               ! inclure effet de contrainte initiale
NLGEOM,ON               ! inclure grandes déformations
SSTIF,ON                ! inclure stress stiffness effects

DOFSEL,S,U              ! quart de la structure
NSEL,S,LOC,X,0          ! définition des plans de symétrie
DSYM,SYMM,X
NSEL,S,LOC,Y,0
DSYM,SYMM,Y
NSEL,ALL

D,NODE(0,0,0),ALL,0    ! bloque le noeud du centre (origine)
                        ! toute la structure va se rétracter vers ce point
NSEL,ALL                ! sélectionne tous les noeuds

TREF,1130+273.15       ! température de référence = température d'oxydation
TUNIF,1130+273.15     != température de départ uniforme pour toute
                        ! la structure

```

```

KBC,0                ! rampe
NSEL,ALL
BF,ALL,TEMP,25+273.15  ! température finale = temperature ambiante

SOLVE                ! premiere phase du calcul : état pré-contraint
FINISH

! *****
/SOLU                ! deuxième phase : application d'une pression
ANTYPE,STATIC
PSTRES,ON           ! on part de l'état pré-contraint
NLGEOM,ON           ! inclure grandes & formations
SSTIF,ON            ! inclure stress stiffness effects

DOFSEL,S,U          ! même symétrie que précédemment
NSEL,S,LOC,X,0
DSYM,SYMM,X
NSEL,S,LOC,Y,0
DSYM,SYMM,Y
NSEL,ALL

DDELE,NODE(0,0,0),ALL ! libère le noeud central
! -----
! nombre de noeuds dessous
nrbas=(divpx+1)*(divy+divpy+1)+(divpy+1)*divx

NSEL,S,LOC,Z,-(EPOX+WAFER)-1E-6,-(EPOX+WAFER)+1E-6 ! selectionne bas pile

! ces lignes de programme fixent les noeuds de la base de la structure
! dans la position qu'ils ont après calcul de la &formation thermoélastique

*DO,I,1,nrbas
  *GET,NBRY,NODE,,COUNT
  *IF,NBRY,EQ,0,EXIT
  *GET,NUMERO,NODE,,NUM,MIN
! NUMERO contient le plus petit numéro de noeud dans la selection

  *GET,DEPX,NODE,NUMERO,U,X
  D,NUMERO,UX,DEPX
  *GET,DEPY,NODE,NUMERO,U,Y
  D,NUMERO,UY,DEPY
  *GET,DEPZ,NODE,NUMERO,U,Z
  D,NUMERO,UZ,DEPZ

  NSEL,U,NODE,,NUMERO          ! enlève de la selection ce noeud
*ENDDO
NSEL,ALL
! -----
SFA,1,,PRES,20E3            ! application d'une pression sur la membrane
                             ! unite : [Pa]
                             ! 100 kPa = 1 bar

SOLVE                ! Calcul final
FINISH

! *****
/POST1                ! Traitement des données
PLNSOL,U,Z           ! Trace le &placement en z

```

! Création de 2 tableaux PX et PY contenant respectivement l'abscisse
! des noeuds sur l'axe x et l'ordonnée des noeuds sur l'axe y

```
*DIM,PX,ARRAY,DIVX+DIVPX+1
```

```
*DIM,PY,ARRAY,DIVY+DIVPY+1
```

```
NSEL,ALL
```

```
NSEL,S,LOC,Z,1E-7,-1E-7
```

```
NSEL,R,LOC,X,0 !sélectionne les noeuds sur l'axe y
```

```
*DO,I,1,DIVY+DIVPY+1
```

```
  *GET,NBRY ,NODE,,COUNT
```

```
  *IF,.NBRY,_EQ,0,EXIT
```

```
  *GET,POSY ,NODE,,MNLOC,Y
```

```
  PY(I)=POSY
```

```
  NSEL,U,NODE,,NODE(0,POSY ,0)
```

```
*ENDDO
```

```
NSEL,ALL
```

```
NSEL,S,LOC,Z,1E-7,-1E-7
```

```
NSEL,R,LOC,Y ,0 !sélectionne les noeuds sur l'axe x
```

```
*DO,I,1,DIVX+DIVPX+1
```

```
  *GET,NBRX,NODE,,COUNT
```

```
  *IF,.NBRX,EQ,0,EXIT
```

```
  *GET,POSX,NODE,,MNLOC,X
```

```
  PX(I)=POSX
```

```
  NSEL,U,NODE,,NODE(POSX,0,0)
```

```
*ENDDO
```

```
! -----
```

! Sortie triée des données pour chaque noeud en surface de l'oxyde

```
/HEADER,OFF,OFF,OFF,OFF,OFF,OFF
```

! moins de commentaires

```
/PAGE,,,1000
```

```
NSEL,ALL
```

```
/OUTPUT,EPS2520,DAT
```

! nom du fichier de sortie

```
*DO,J,1,DIVY+DIVPY+1
```

```
  *DO,I,1,DIVX+DIVPX+1
```

```
    NSEL,S,NODE,,NODE(PX(I),PY (J),0)
```

```
    /OUTPUT,EPS2520,DAT,,APPEND
```

```
    PRNSOL,EPEL
```

! &formations

```
    NSEL,ALL
```

```
  *ENDDO
```

```
*ENDDO
```

```
/OUTPUT
```

```
! -----
```

```
NSEL,ALL
```

```
/OUTPUT,STR2520,DAT
```

```
*DO ,J,1,DIVY+DIVPY+1
```

```
  *DO,I,1,DIVX+DIVPX+1
```

```
    NSEL,S,NODE,,NODE(PX(I),PY(J),0)
```

```
    /OUTPUT,STR2520,DAT,,APPEND
```

```

PRNSOL,S                                ! contraintes
NSEL,ALL
*ENDDO
*ENDDO
/OUTPUT
! - - - - -
! Sortie des fichiers d'abscisses et d'ordonnées liées au maillage

NSEL,ALL
/OUTPUT,ABSCISSE,DAT

*DO,I,1,DIVX+DIVPX+1
  NSEL,S,NODE,,NODE(PX( I),O,O)
  /OUTPUT,ABSCISSE,DAT,,APPEND
  NLIST,ALL
  NSEL,ALL
*ENDDO
/OUTPUT
! -----
NSEL,ALL
/OUTPUT,ORDONNEE,DAT

*DO,I,1,DIVX+DIVPY+1
  NSEL,S,NODE,,NODE(O,PY (I),O)
  /OUTPUT,ORDONNEE,DAT,,APPEND
  NLIST,ALL
  NSEL,ALL
*ENDDO
/OUTPUT
! -----
Sortie de données selon des axes particuliers, demi médiane ou diagonale
NSEL,ALL
LPATH,NODE(O,O,O),NODE(A+HAUTPILE,B+HAUTPILE,0)    ! diagonale
PDEF,D2520,U,Z                                     ! définition du PATH
/OUTPUT,D2520,DAT                                  ! nom du fichier
PRPATH,D2520                                       ! écriture fichier
/OUTPUT                                             ! fermeture

LPATH,NODE(O,O,O),NODE(A+HAUTPILE,O,O)             ! médiane
PDEF,M2520,U,Z
/OUTPUT,M2520,DAT
PRPATH,M2520
/OUTPUT

PDEF,MSX2520,S,X
/OUTPUT,MSX2520,DAT
PRPATH,MSX2520
/OUTPUT

PDEF,MEX2520,EPEL,X
/OUTPUT,MEX2520,DAT
PRPATH,MEX2520
/OUTPUT

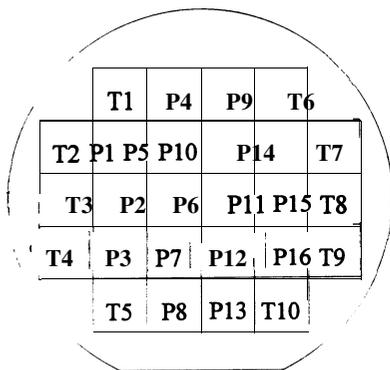
FINISH

```

Annexe C

Côtes des trois niveaux de masquage pour la réalisation des démonstrateurs

Présentation générale de la rpartition des puces sur une plaquette de silicium 2'



Les puces **T1 à T10** sont des puces de test électrique, le silicium face arrière n'est pas creusé.

En face arrière, **sous** les puces **P1 à P16**, le silicium est grave pour **définir** des membranes.

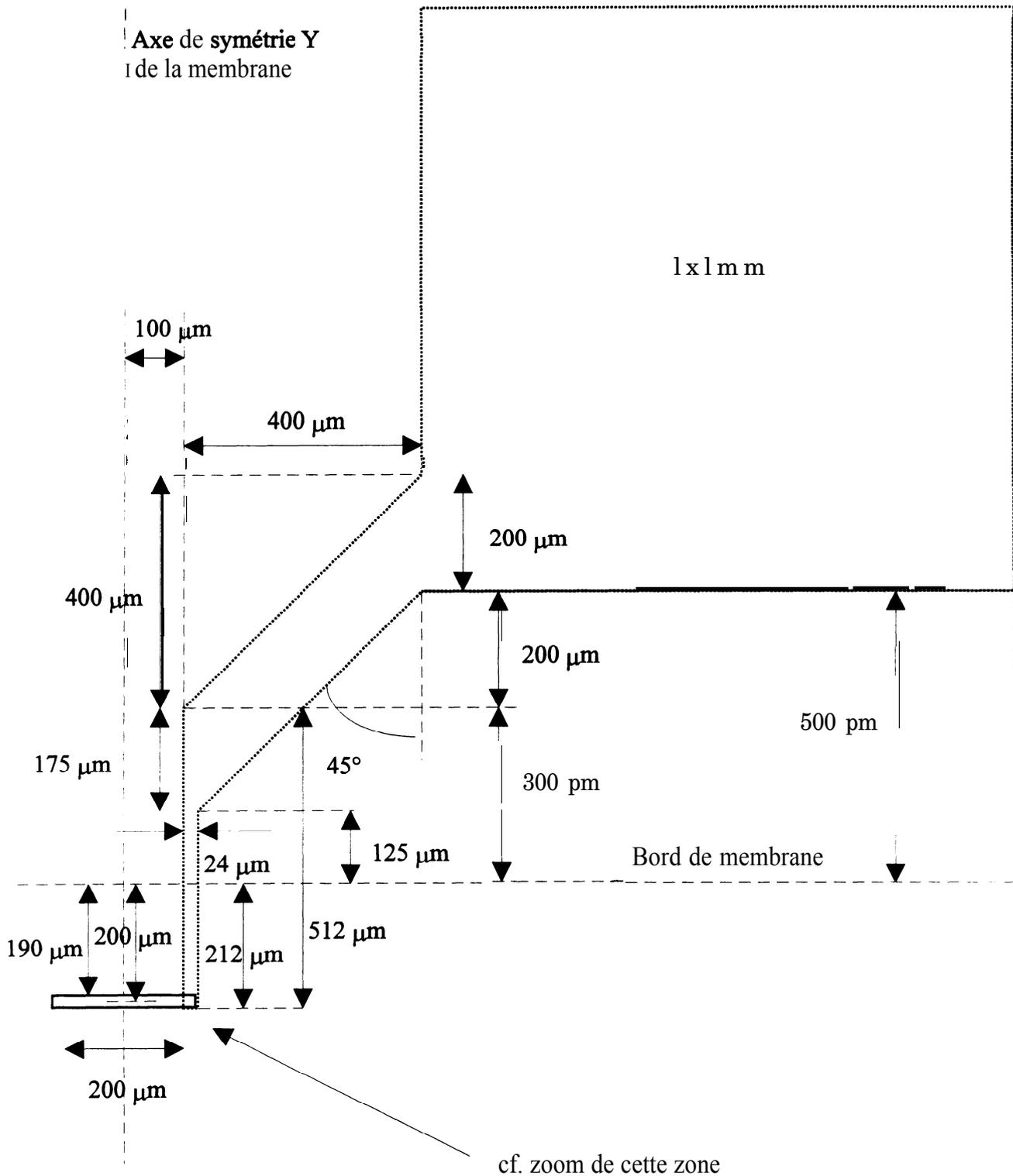
Les puces **P1 à P8** ont un conditionneur face avant de type A

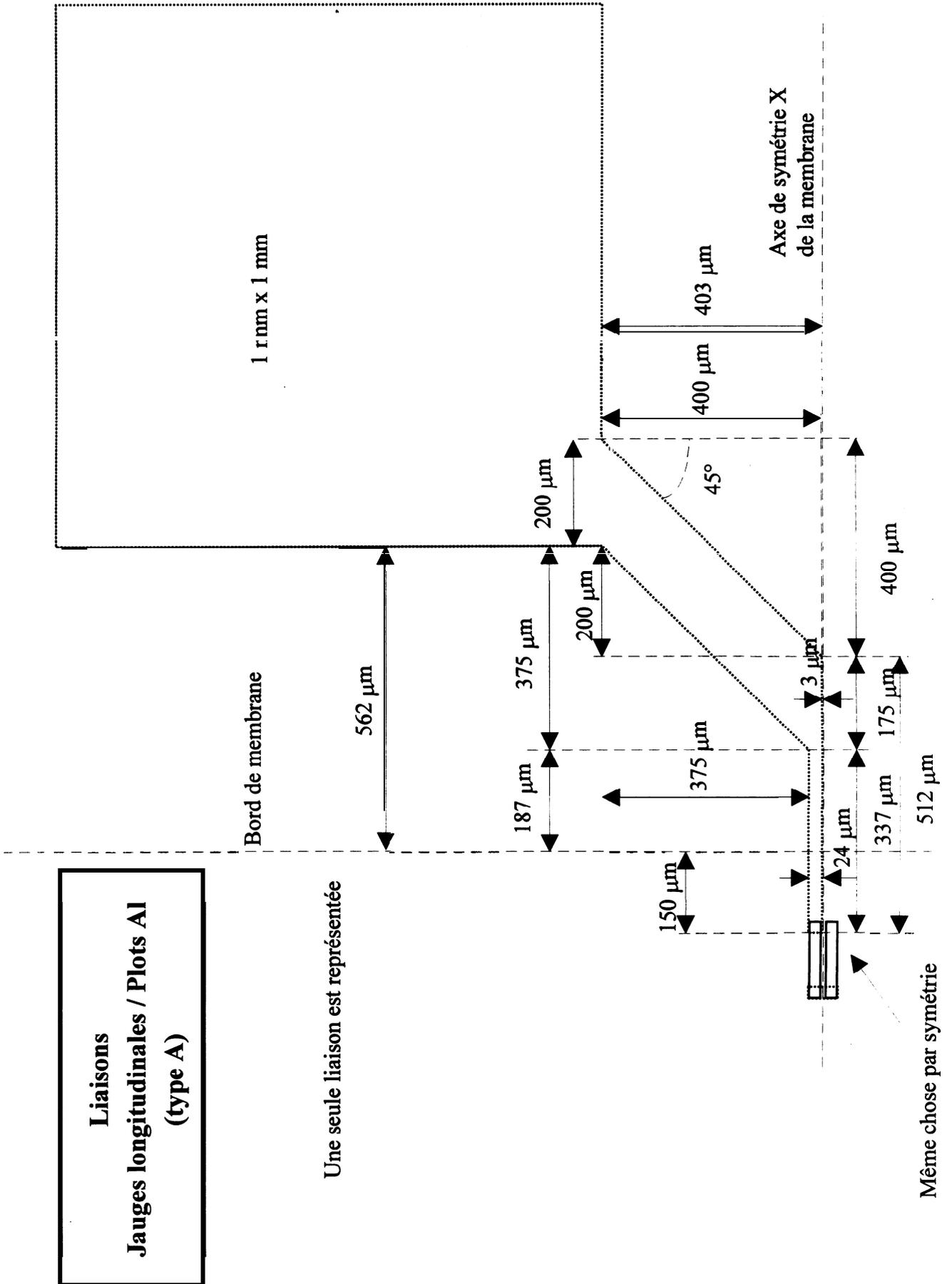
Les puces **P9 à P16** ont un conditionneur face avant de type B

Les traits de coupe entre les puces sont **matérialisés** par des pistes d'aluminium

Chaque puce est un **carré** de 7 mm de côté.

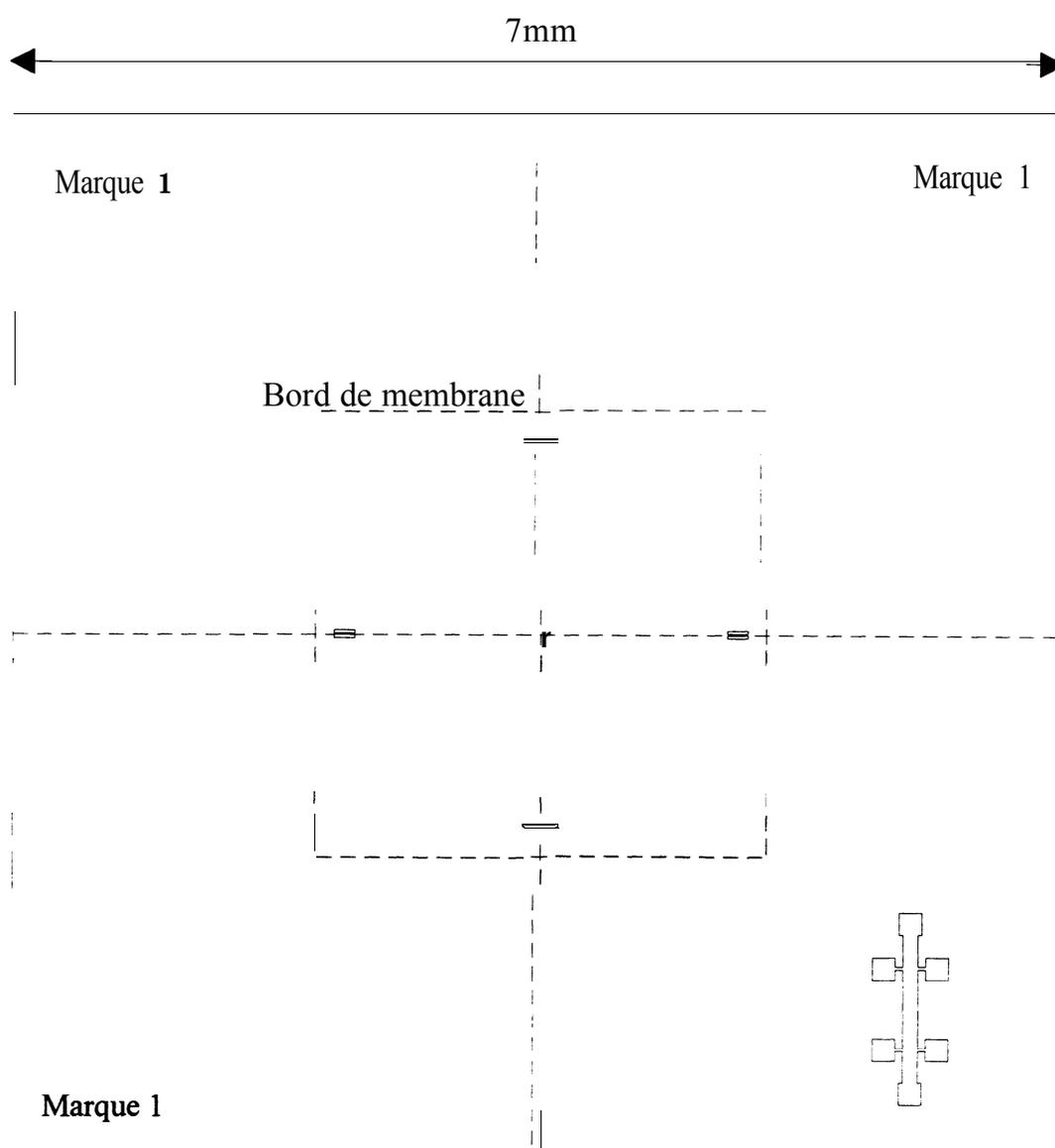
Liaisons Jauges transversales / Plots Al (type A)



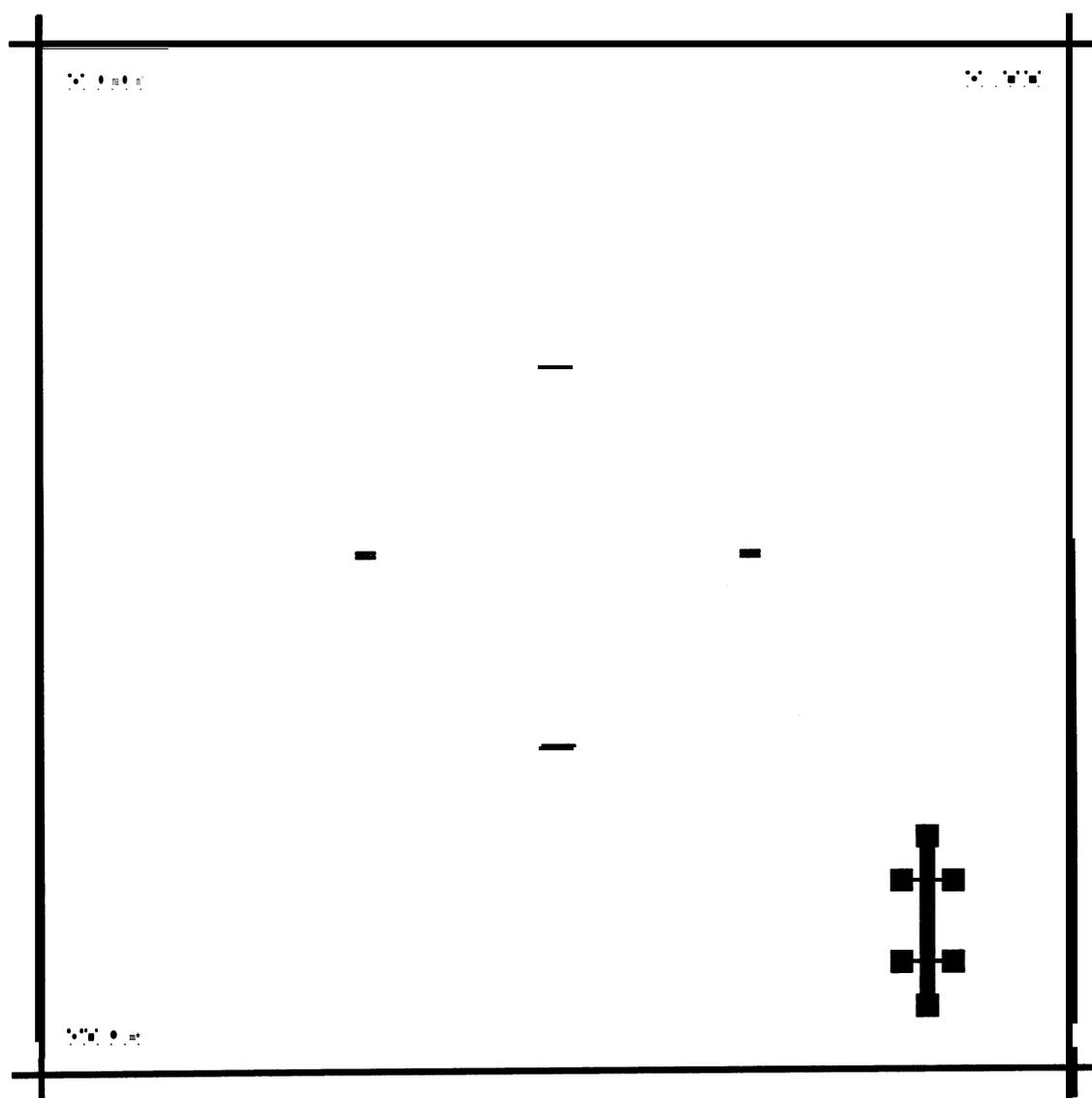


Layout de la couche de Poly-Si (type A) Niveau de masquage 1

3 marques d'alignement sont **disposées** aux 3 angles de chaque puce

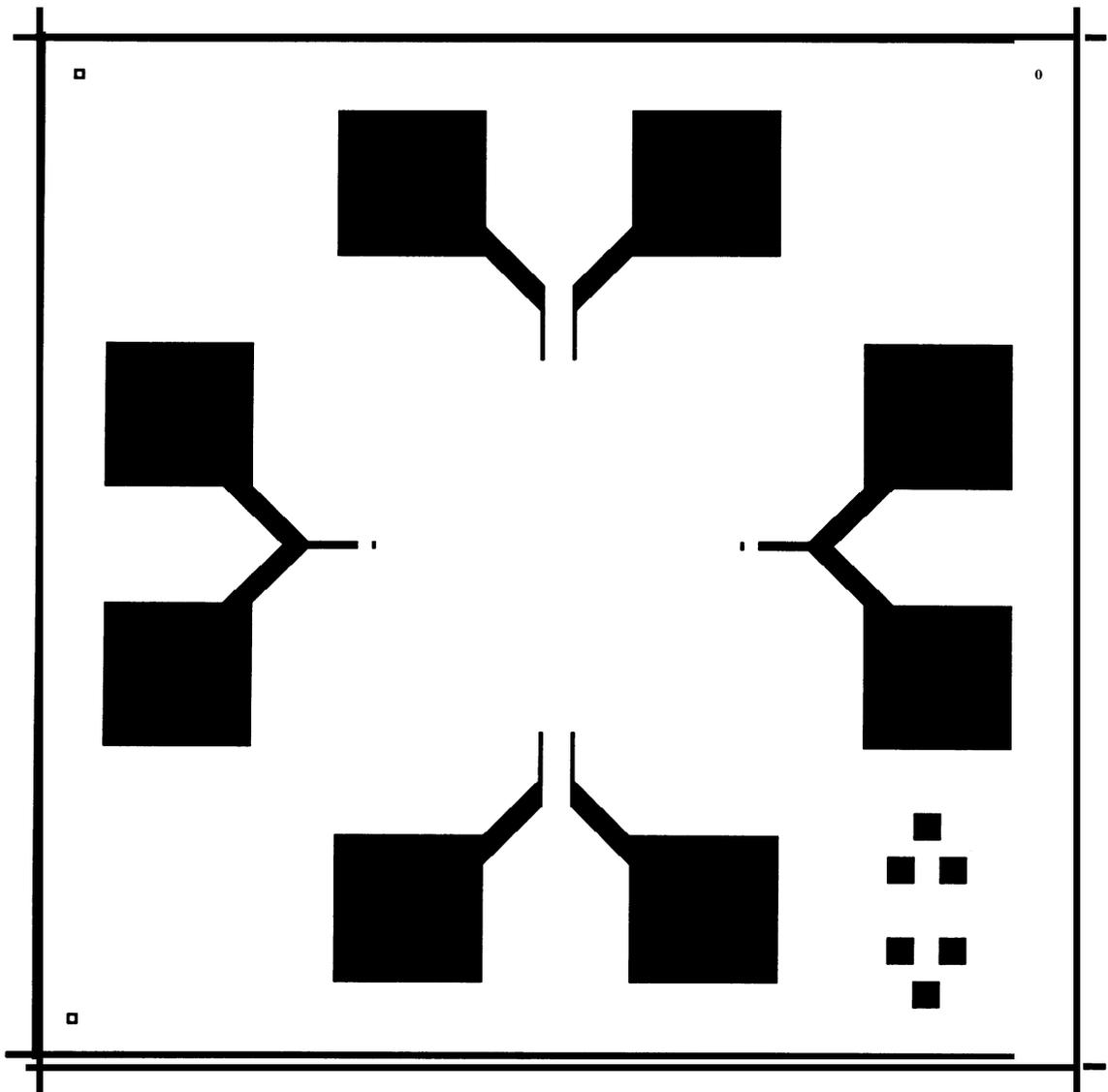


Aspect du masque niveau 1 (poly-Si) type A

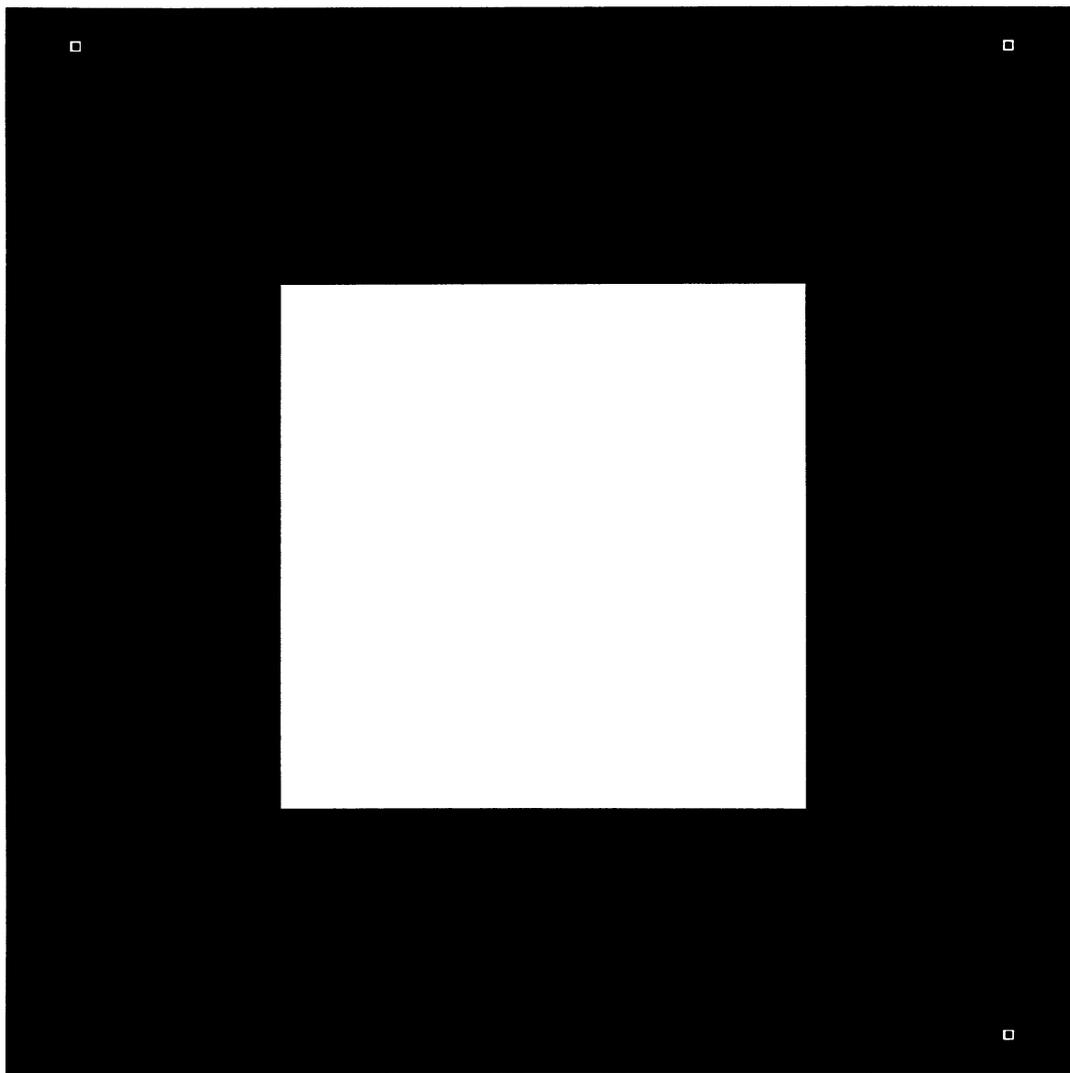


Vu leurs dimensions **réduites**, les jauges longitudinales peuvent **apparaître collées** sw ce schéma.

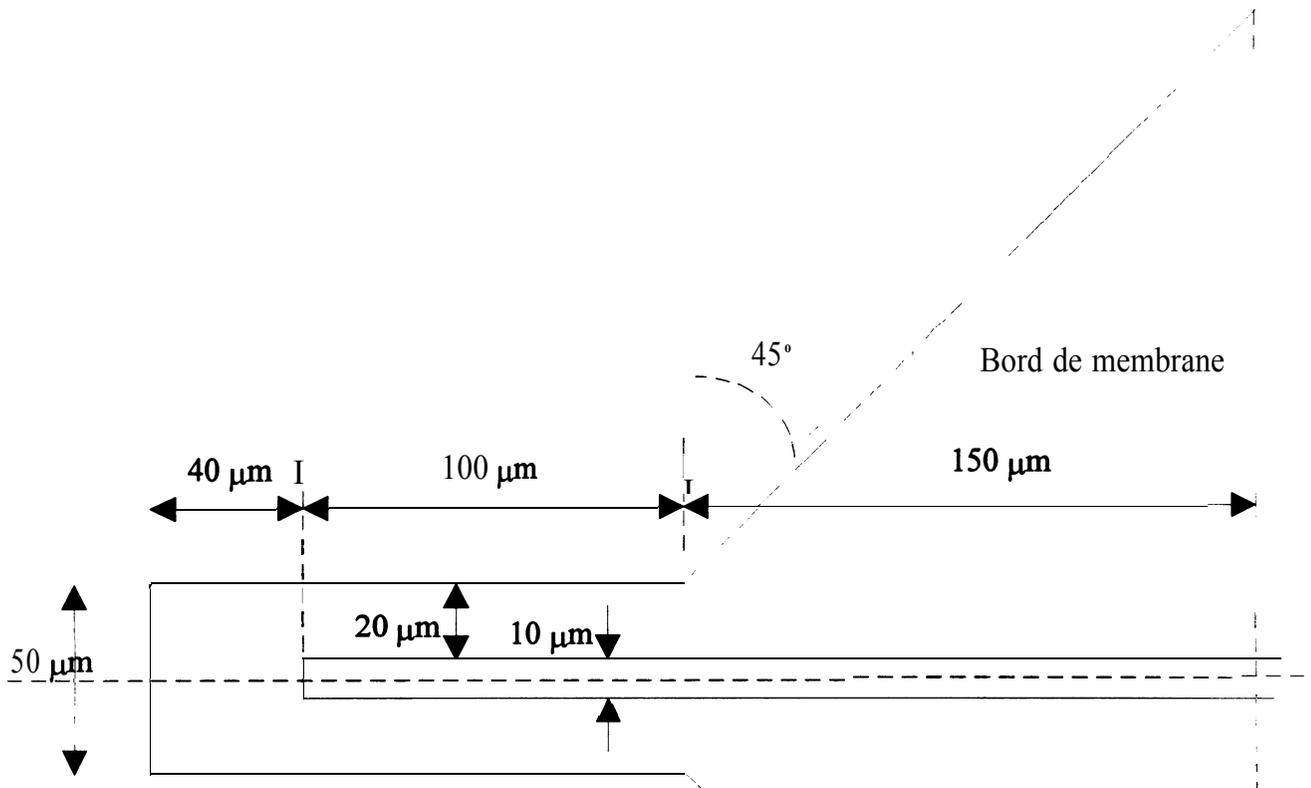
Aspect du masque niveau 2 (Aluminium) type A

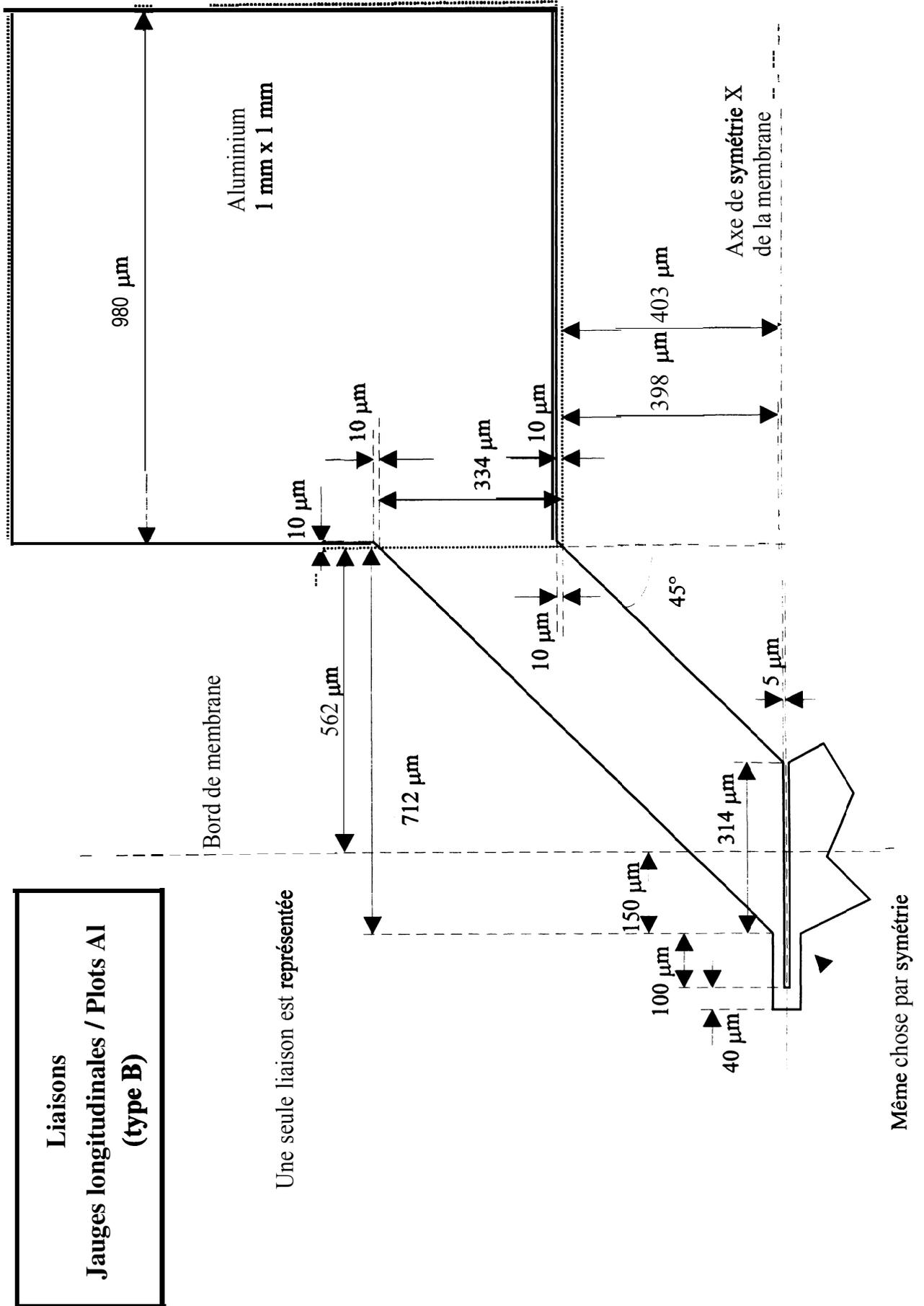


Aspect du masque niveau 3, face arrière (Membranes) types A et B

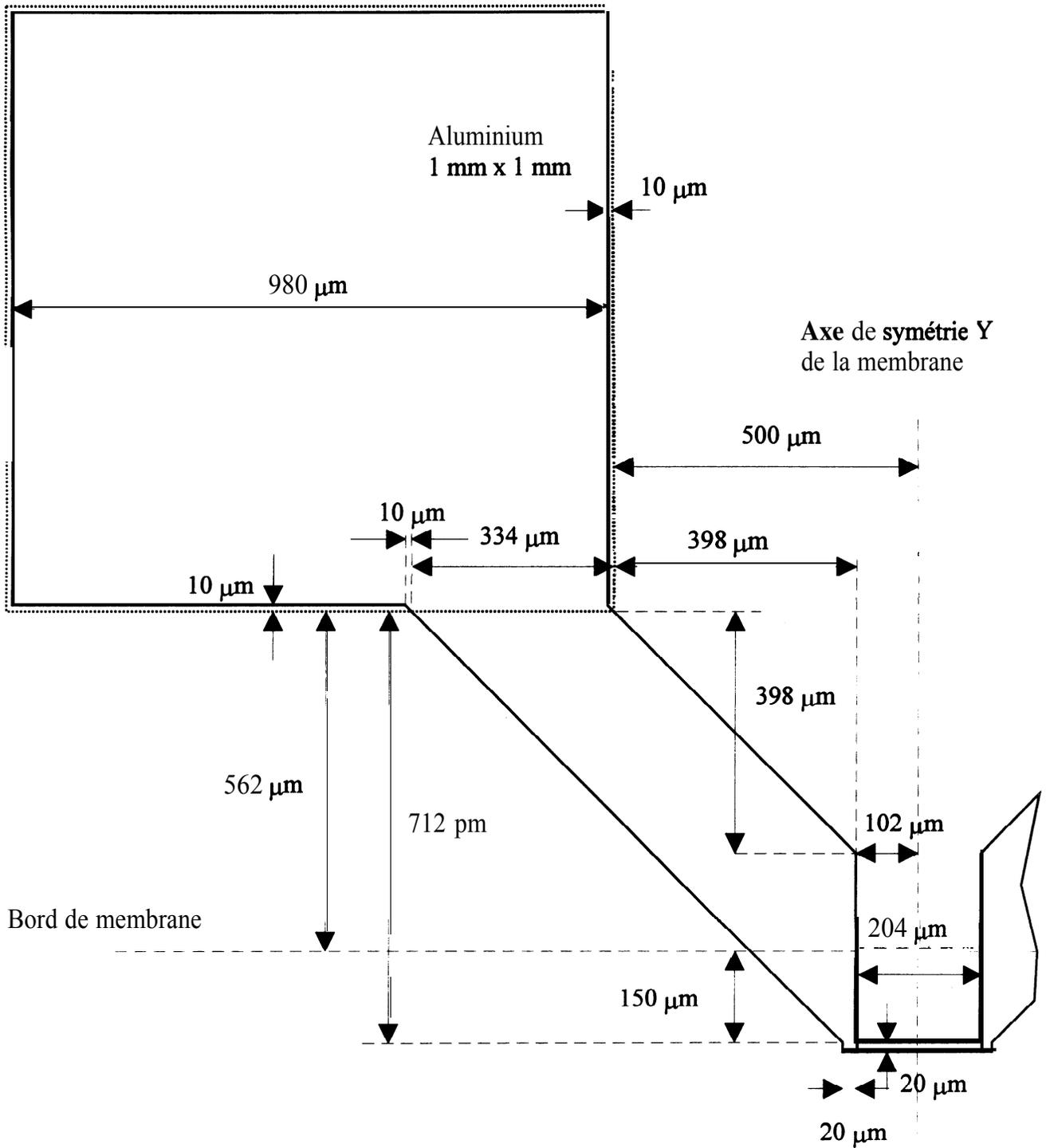


Jauges longitudinales en poly-Si
Niveau de masquage 1
Type B

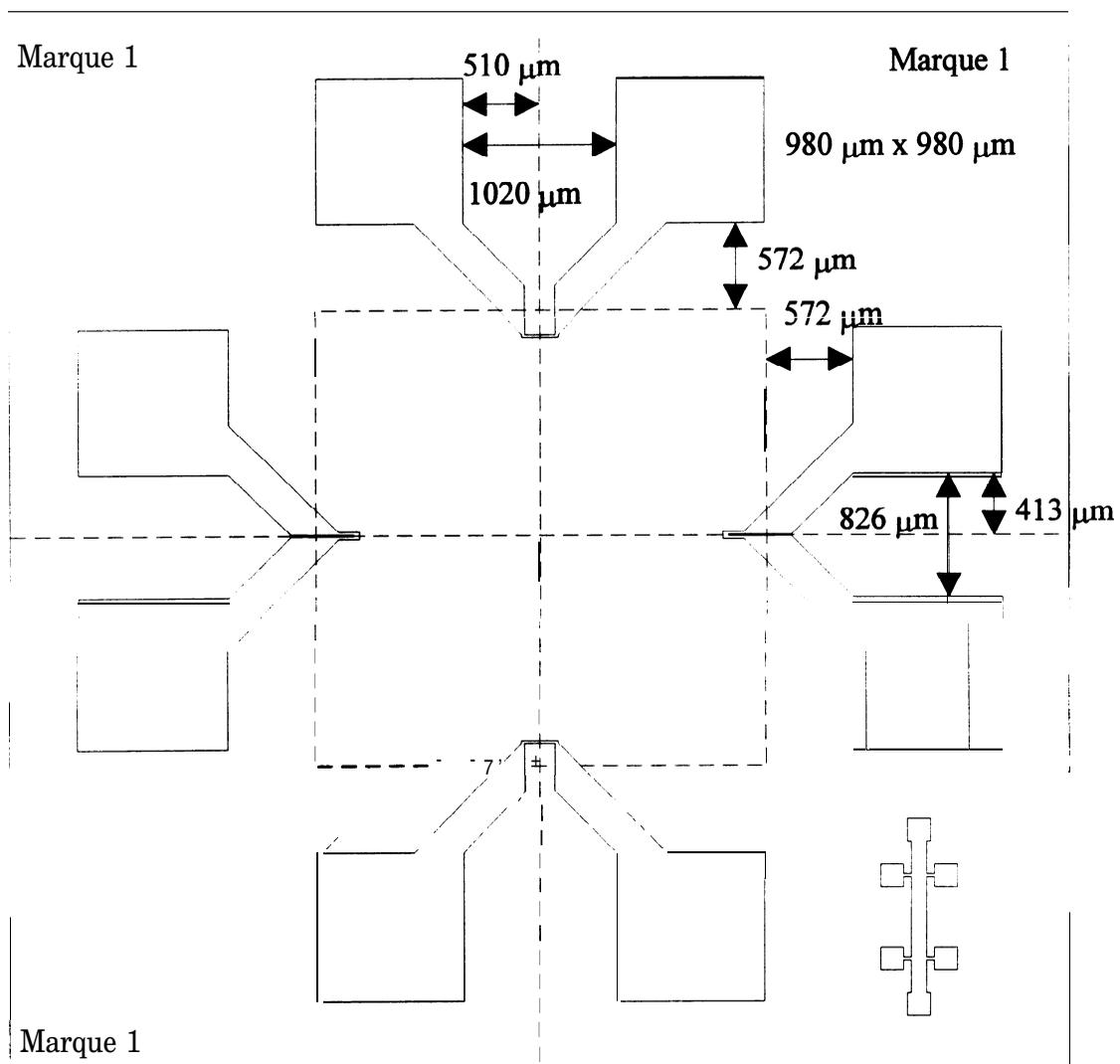




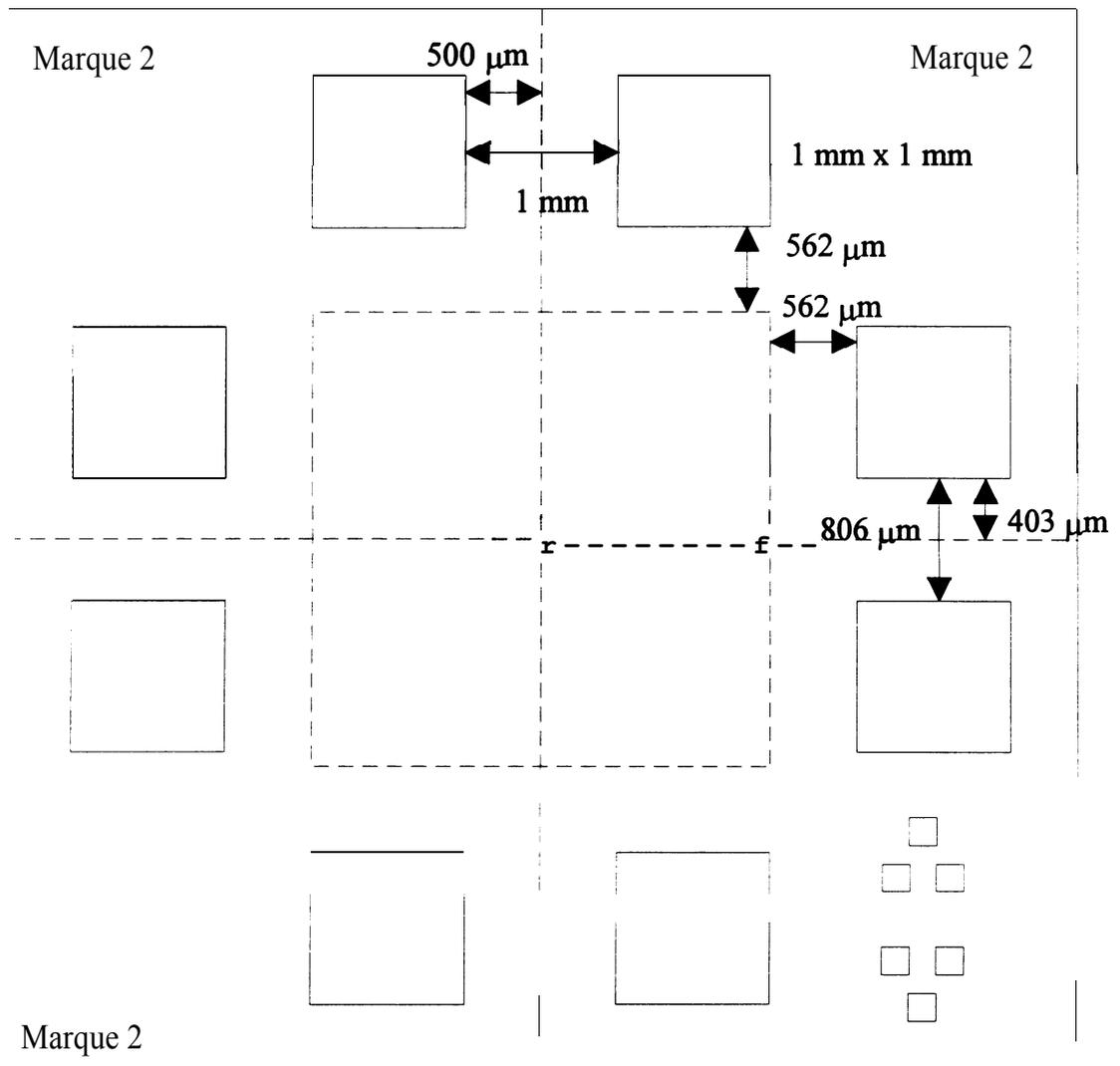
Liaisons Jauges transversales / Plots Al (type B)



Layout de la couche de Poly-Si (type B) Niveau de masquage 1

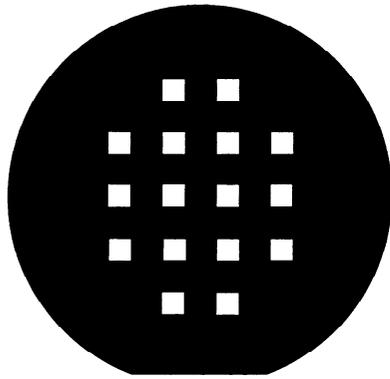
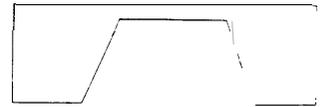


Layout de la couche d'Aluminium (type B) Niveau de masquage 2

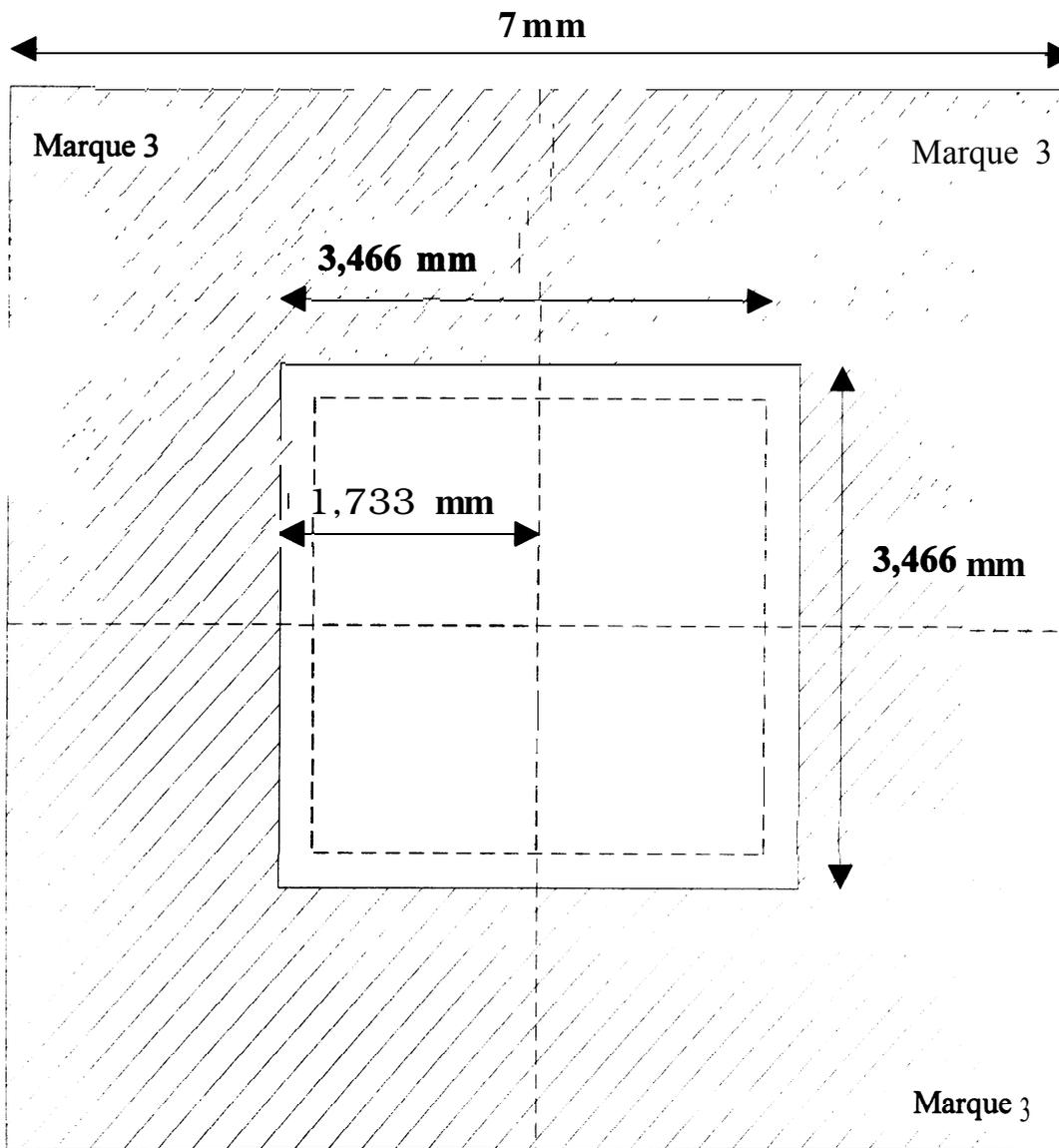


Niveau de masquage 3 face arrière

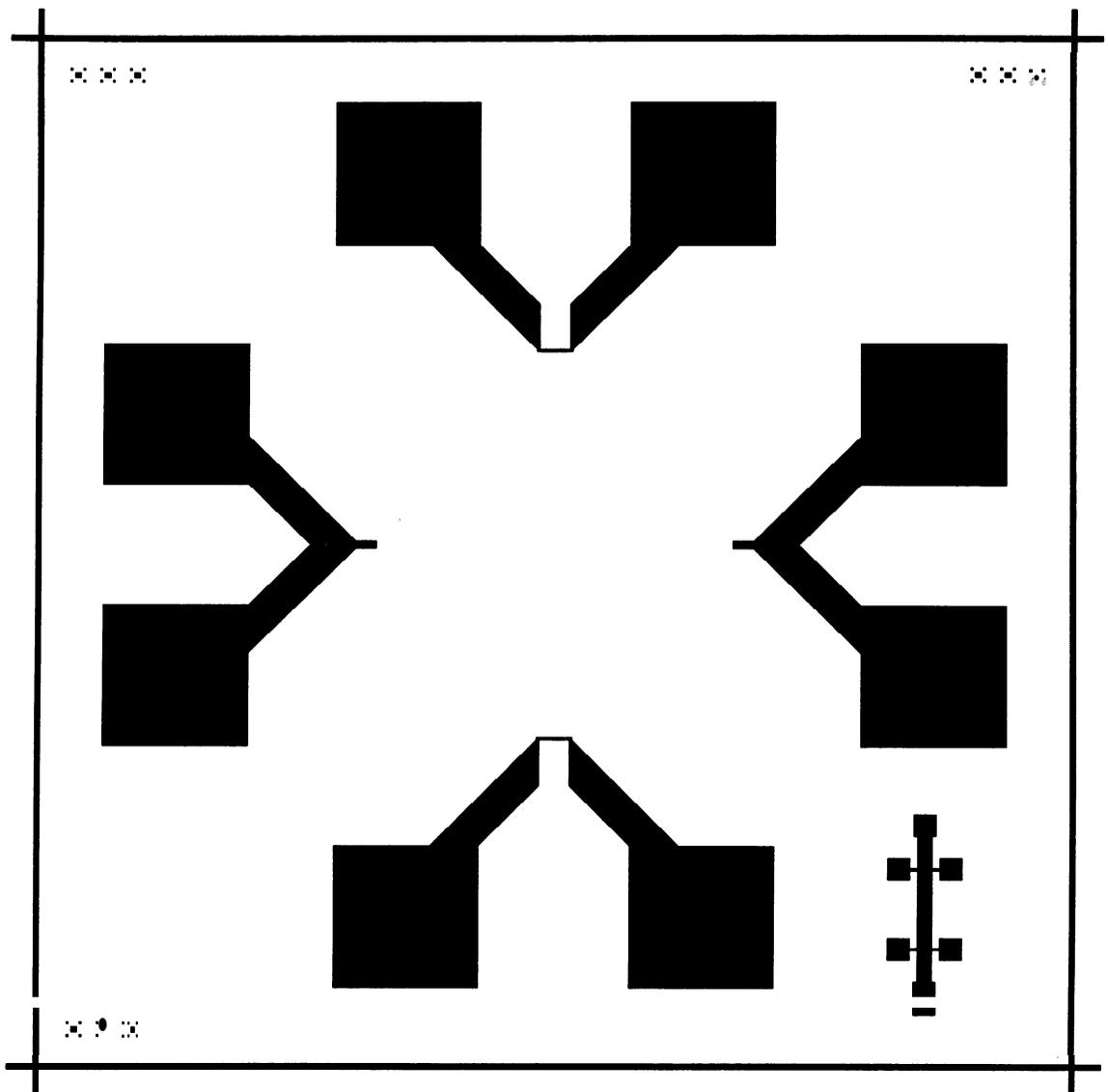
La membrane devant faire 3 mm de côté, 20 μm d'épaisseur, l'épaisseur du wafer avant de 350 μm et du fait de l'anisotropie de la gravure KOH l'ouverture du masque face arrière doit être de 3,466 mm



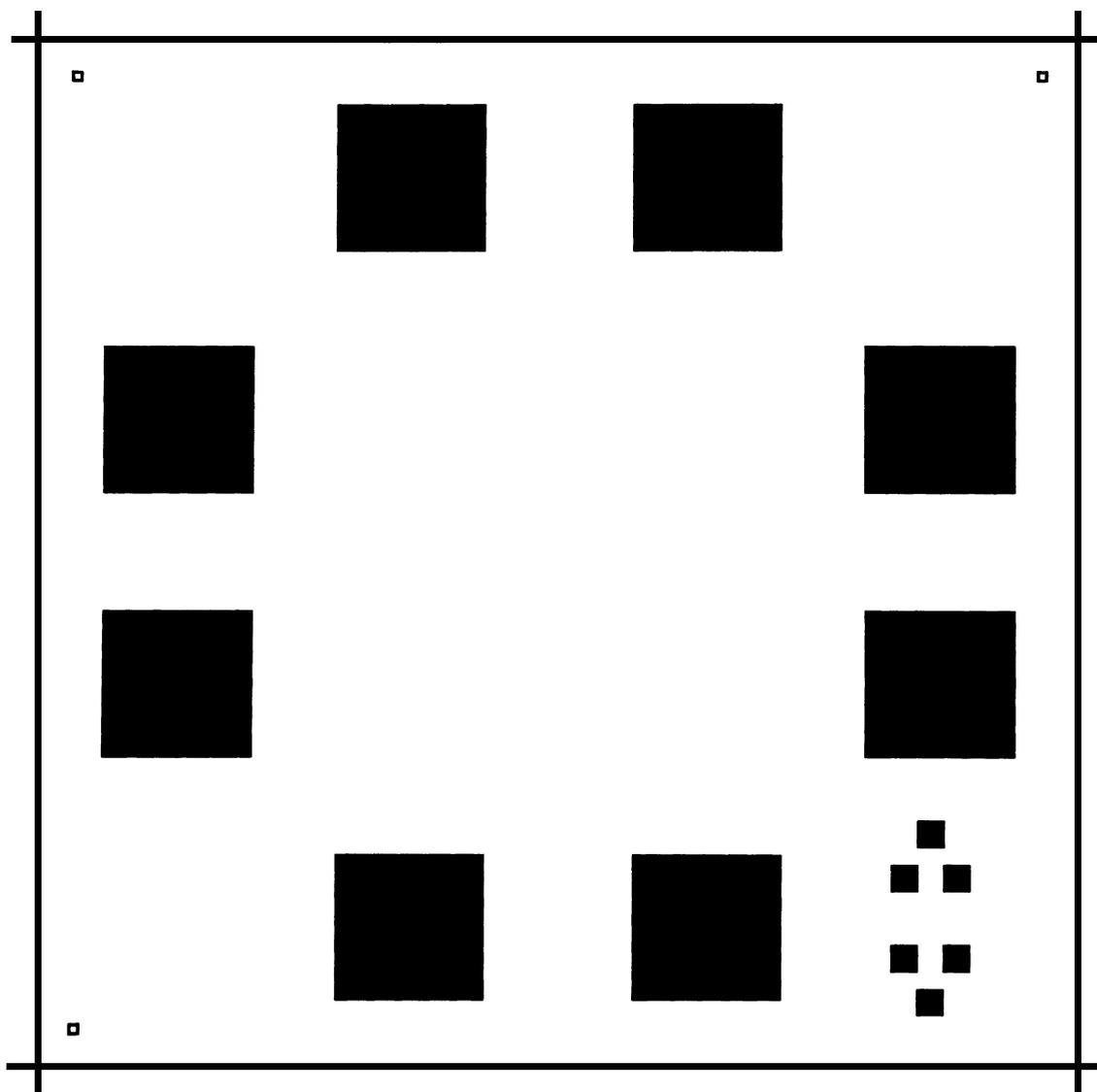
Aspect du masque face arrière
(Les marques d'alignement n'apparaissent pas à cette échelle)



Aspect du masque niveau 1 (type B) poly-Si



Layout de la couche d'Aluminium (type B) Niveau de masquage 2



NOM: **MALHAIRE**
(avec précision du nom de jeune fille, le cas échéant)

DATE de SOUTENANCE

26 janvier 1998

Prénoms : Christophe

TITRE :

Caractérisation et modélisation de microtransducteurs de pression à hautes performances intégrés sur silicium

NATURE : Doctorat

Numéro d'ordre : 98 ISAL 00 14

Formation doctorale: **Dispositifs de l'Electronique Intégrée**

Cote B. I. U. - Lyon: T 50/210/19 / et bis

CLASSE:

RESUME:

L'objectif de ce travail était de **modéliser** le comportement thermomecanique de membranes composites **SiO₂/Si** et de **développer** des outils de caracterisation **adaptés** aux microstructures en silicium pour **permettre** la conception de **microcapteurs de pression piézorésistifs** à membrane de type Polysilicium Sur Isolant à hautes performances. Des membranes **SiO₂/Si** de 3 mm de côté et d'épaisseur inférieure à 40 microns, recouvertes par des couches d'oxyde thermique de 0.5 à 2 microns, ont **été réalisées** par gravure chimique anisotrope du silicium sans **couche d'arrêt** dans des solutions **KOH+H₂O**. Nous avons **étudié** le profil des membranes, la **rugosité** et l'uniformité de la gravure par **profilométrie** optique. Les Cpaisseurs moyennes des membranes ont **été déterminées avec** une incertitude de 0.1 micron par **spectrométrie infrarouge à transformée** de Fourier. L'origine de la contrainte dans les films d'oxyde sur substrats épais a **été établie** et sa valeur déterminie **avec** une incertitude de 4% par des mesures de courbures moyennes. Apres avoir montré les limites des **modèles** analytiques, un **modèle de calcul** par elements finis, **basé** sur les **propriétés** physiques des matériaux, du comportement thermomecanique des membranes **oxydées** microusinees a **été développé**. Ce **modèle a été validé expérimentalement jusqu'à 300°C** par des mesures au **profilomètre** optique et des mesures de **contraintes** par spectrometrie micro-Raman. Les **profils** de membranes Si et **SiO₂/Si** ont **été modélisés** et **mesurés** sous **pression** dans la gamme 0-1 bar. L'influence de l'**encastrement** et les consequences de l'**état précontraint** des membranes **SiO₂/Si** sur les derives **thermiques** du capteur et leur **réponse en pression** ont **été analysées**. Deux architectures de conditionneur **piézorésistif** en pont de Wheatstone ont **été développées** et **testées**. Nous avons montré la **faisabilité** d'un conditionneur sans contact **aluminium/polysilicium** soumis aux déformations de la membrane et aux éventuelles atmospheres corrosives.

MOTS-CLES: **Capteur pression - Attaque chimique - Membrane - Simulation - Element fini - Profilométrie - Spectrométrie IR - Spectrometrie Raman**

Laboratoire (s) de recherches: **Laboratoire de Physique de la Matière - INSA de Lyon**

Directeur de these: **Professeur Daniel BARBIER**

Président de jury: **Pierre PINARD**

Composition du jury: **Daniel BARBIER, Bernard CHAMPAGNON, Yves BARRIOL, Nadine GUILLEMOT, Martine LE BERRE, Stéphane RENARD, Jean-Louis ROBERT**