# Nouvelles représentations de matrice de type ΔE-CsI: Identification automatique des particules légères

P. Benlliure, A. Chbihi

▶ **To cite this version:**

P. Benlliure, A. Chbihi. Nouvelles représentations de matrice de type ΔE-CsI: Identification automatique des particules légères. [Research Report] GANIL. 1992, pp.16. in2p3-00672810

**HAL Id: in2p3-00672810**
**https://hal.in2p3.fr/in2p3-00672810**

Submitted on 22 Feb 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

GRAND ACCELERATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS

GANIL

# Nouvelles Représentations de Matrice de Type ΔE-CsI Identification Automatique des Particules Légères

P. Benlliure et A. Chbihi
pour la collaboration INDRA

GANIL R 92 12

B.P. N° 5027 - 14021 CAEN CEDEX - TÉLEX 170533 F - TÉL. 31.45.46.47 - TÉLÉCOPIEUR 31.45.46.65
GROUPEMENT D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE RÉGI PAR L'ORDONNANCE N° 67.821 du 23.09.1967
Siège Social : Bd Henri Becquerel - 14000 CAEN (France) - R.C. Caen 997 888 300 C - Code APE 93 21 - N° Siret 305 824 666 00021

# Nouvelles Représentations de Matrice de Type ΔE-CsI Identification Automatique des Particules Légères

P. Benlliure et A. Chbihi
pour la collaboration INDRA

## I- Introduction

La séparation des particules légères dans le détecteur INDRA nécessite la construction de deux diagrammes bidimensionnels. La première matrice, ΔE-CsI(R), permet de séparer les particules p, d, t, $^{3}$He, $^{4}$He, $^{6}$He de basse énergie. La ΔE peut-être la silicium dans le cas des couronnes avant d'INDRA, ou la chambre d'ionisation pour les couronnes arrières. La deuxième matrice, CsI(R)-CsI(L), permet la séparation de ces particules à haute énergie.

Nous proposons une nouvelle représentation de matrice qui consiste à combiner les trois paramètres ΔE (Si ou ChIo), CsI(R) et CsI(L) dans un seul bidim. Nous verrons que cette nouvelle représentation réduit ainsi les deux matrices en une seule, tout en conservant les informations nécessaires à la séparation des particules légères.

Nous proposons également une méthode d'identification automatique des particules légères. Cette méthode est basée sur le fait que, le taux de production des particules légères est nettement plus élevé que celui des fragments plus lourds.

## II- La nouvelle représentation

Toute l'étude s'est effectuée sur un échantillon de 8 détecteurs de la couronne 6, du test E161 : Kr + Au à 60 MeV/A

La figure 1 représente la matrice $Si_{gg}$-CsI(R). A basse énergie, les particules légères sont bien séparées, tandis qu'à haute énergie elles ne le sont plus. Au contraire sur la figure 2, la matrice CsI(R)-CsI(L) montre que toutes les particules partent d'un même point (le piédestal) et ne sont séparées qu'à haute énergie.

Dans ces deux matrices, trois paramètres sont mis en jeu, la Si, CsI(R) et CsI(L). La nouvelle représentation est une simple

addition, sans calibration préalable, des deux premiers paramètres (Si + R) en fonction du troisième (L). La figure 3 montre qu'avec une telle représentation les particules légères sont bien séparées sur toute la gamme d'énergie.

## III- Interprétation Physique

La perte d'énergie dans le détecteur silicium s'exprimer par la relation approximative de Bethe[1] :

$$\frac{dE}{dx} = \frac{(\gamma Z)^2}{E} A \qquad (1)$$

où $\gamma$ est la fraction de charge de l'ion, donnée par la paramètrisation de Northcliffe et Schinlling[2] :

$$\gamma^2 = 1 - c_1 e^{-c_2\, 6.3441 \sqrt{Z\varepsilon}} \qquad (2)$$

avec $\varepsilon$ = E/nucléon, $c_1$ et $c_2$ sont des constantes positives de paramètrisation.

La lumière dans un cristal CsI possède deux composantes, une rapide qui varie fortement en fonction du type de la particule, et une lente qui reste pratiquement constante d'une particule à l'autre. Pour exprimer la quantité de lumière du scintillateur, nous utiliserons l'équation de Birks[3] :

$$dR = \frac{S\, dE}{1 + Q\,(dE/dx)} \qquad (3)$$

dR est la fraction de lumière de la composante rapide, S est le paramètre qui rend compte de l'efficacité de la scintillation, et Q est le facteur de Quenching. Ces deux derniers paramètres varient uniquement en fonction de la charge Z et sont ajustables. dE/dx est donné par la relation (1).

La quantité de lumière en sortie du CsI est alors obtenue en intégrant la relation (3) et en utilisant la relation (1):

$$R = \int_0^{\varepsilon} \frac{SA\varepsilon' d\varepsilon'}{\varepsilon' + Q\,(\gamma Z)^2} \qquad (4)$$

La somme de la composante rapide et $\Delta E$ est :

$$\Delta E + R = \frac{(\gamma Z)^2}{\varepsilon} + \int_0^{\varepsilon} \frac{SA\,\varepsilon' d\varepsilon'}{\varepsilon' + Q\,(\gamma Z)^2} \qquad (5)$$

Cas Limites:

Nous négligerons la dépendance en énergie du facteur $\gamma$. Cette approximation est justifiée par le fait que le facteur c2 dans la relation (2) est positif ( voir réf.4) :

$\gamma^2 = 1 - c_1 = Cte$ pour $\varepsilon$ petit
$\gamma^2 = 1 = Cte$ pour $\varepsilon$ grand

La relation (5) devient en prenant $\gamma$ indépendant de l'énergie:

$$\Delta E + R = \begin{cases} \dfrac{(\gamma Z)^2}{\varepsilon} & \text{si } \varepsilon \text{ petit} \\ S\,A\,\varepsilon & \text{si } \varepsilon \text{ grand} \end{cases}$$

Autrement-dit, à basse énergie, c'est le caractère séparateur de la silicium qui domine $((\gamma Z)^2/\varepsilon)$, à haute énergie c'est celui de la réponse CsI qui devient prédominant ( $SA\varepsilon$)

Pour atténuer le minimum qui apparait à basse énergie dans la matrice "somme" de la figure 3, il suffit de modifier légèrement la somme Si + R en 300Log(Si) + R. La matrice obtenue est représentée sur la figure 4. La séparation des particules légères reste excellente et le minimum a pratiquement disparu. Ceci facilitera l'ajustement éventuel avec une fonctionnelle.

Nous avons testé d'autre représentation. Nous montrons, à titre d'exemple, sur la figure 5 le produit Si * R en fonction de la lente. La séparation des particules est aussi bonne que sur la figure 4 mais les lignes semblent être dispersées.

## IV- Identification automatique

1- Recherche de seuil:

La plupart des collisions induites par ions lourds aux énergies intermédiaires, produisent un taux beaucoup plus élevé de

particules légères, notamment proton et alpha, que de fragments de $Z > 2$. Nous avons utilisé ce caractère physique afin d'isoler les particules légères des fragments plus lourds. La figure 6 montre qu'avec un seuil en nombre de coup supérieur à 10, seules les lignes de $\gamma$, p, d, t et $\alpha$ sont visibles dans la matrice Si*R-L La recherche de ce seuil est entièrement automatisée.

2- Identification automatique des lignes:

En imposant ce seuil, il devient facile de repérer les lignes. Cette procédure se fait en trois étapes:

a) Pour un x donné (lente) nous cherchons le premier point de la matrice supérieur au seuil en faisant décroître les valeurs de l'axe y. Ce point correspond alors à un $\alpha$. Pour aller au delà de la ligne des $\alpha$, nous continuons à faire décroître y jusqu'à trouver une valeur, cette fois-ci inférieur au seuil. La même recherche est alors appliquée pour les tritons, deutérons, protons et $\gamma$. Cette procédure est faite tout au long de l'axe x. Les cinq lignes ainsi identifiées sont numérotées.

b) La deuxième étape consiste à ajuster provisoirement les points de chaque ligne par une fonction de la forme $a/x + bx + cx^2 + dx^3$. Le choix de cette fonction est basé sur la relation (5) qui exprime la somme d'une perte d'énergie (en 1/x) et une énergie résiduelle qui dans le cas des CsI peut-être exprimée par un polynôme de degré 3.

c) Dans la troisième étape, nous remettons tous les points sans aucun seuil préalable. La fonction d'ajustement reproduit bien les points supérieurs au seuil mais pas les points inférieurs, notamment à haute énergie. Pour chaque ligne, nous calculons le centre de gravité du nuage des points qui se trouvent au voisinage du dernier point trouvé dans l'étape précédente. Un nouveau point est alors trouvé, c'est le centre de gravité lui même. Nous ajustons de nouveau les paramètres de la fonction. Ainsi de suite, jusqu'à la reproduction totale de toutes les lignes.

3- Résultat de la méthode:

Nous utilisons les paramètres de la fonction pour redresser les lignes des particules. La figure 7 montre la composante Rapide du CsI en fonction du nouveau paramètre "Identification". Nous distinguons nettement la qualité du redressement. Une simple projection sur l'axe identification (figure 8) nous permet d'identifier aisément les différentes particules.

Nous avons également superposé 8 projections correspondant aux 8 détecteurs étudiés. La figure 9 montre la superposition des 8 matrices Rapide-Identification, et la figure 10 leur projection sur l'axe Identification. Ceci montre que nous maîtrisons tout à fait l'emplacement des différentes particules.

## V- Conclusion

Pour un nouveau détecteur comme INDRA, de nouvelles représentations de matrices plus adéquates et plus pratiques sont possibles. Nous en avons vu quelques exemples, addition ou produit de la silicium et la rapide en fonction de la lente. La même représentation peut s'appliquer aux chambres d'ionisation.

La méthode d'identification automatique des particules légères, utilisant des critère physique, semble bien marcher. La généralisation de la méthode sur toutes les couronnes d'INDRA est en cours d'étude.

## Références:


1) H.A. Bethe, Ann. Physik 5 (1930) 325.
2) L.C. Northcliffe and R.F. Schilling, Nucl. Data Tables 7 (1970) 233-463.
3) J.B. Birks, The theory and Practice of Scintillation Counting (Pergamon, 1964) 647.
4) D.W. Stracener et al, Nucl. Instr. and Meth. A294 (1990) 485.

## Figure:

**Fig. 1:** Bidim Si-CsI(R)
**Fig. 2:** Bidim CsI(L)-CsI(R)
**Fig. 3:** Bidim (Si+Rapide)-CsI(R)
**Fig. 4:** Bidim (300Log(Si)+Rapide-600)-CsI(L)
**Fig. 5:** Bidim (Si*R)-CsI(L)
**Fig. 6:** même chose que la fig.5, mais seuls les points supérieurs à 10 sont présentés sur la matrice.
**Fig. 7:** Bidim CsI(R)-Identification.
**Fig. 8:** projection du paramètre Identification de la fig.7, a) en échelle log, b) en échelle linéaire
**Fig. 9:** Superposition de 8 bidims CsI(R)-Identification.
**Fig. 10:** Projection sur l'axe "Identification" de la matrice de la fig. 9.

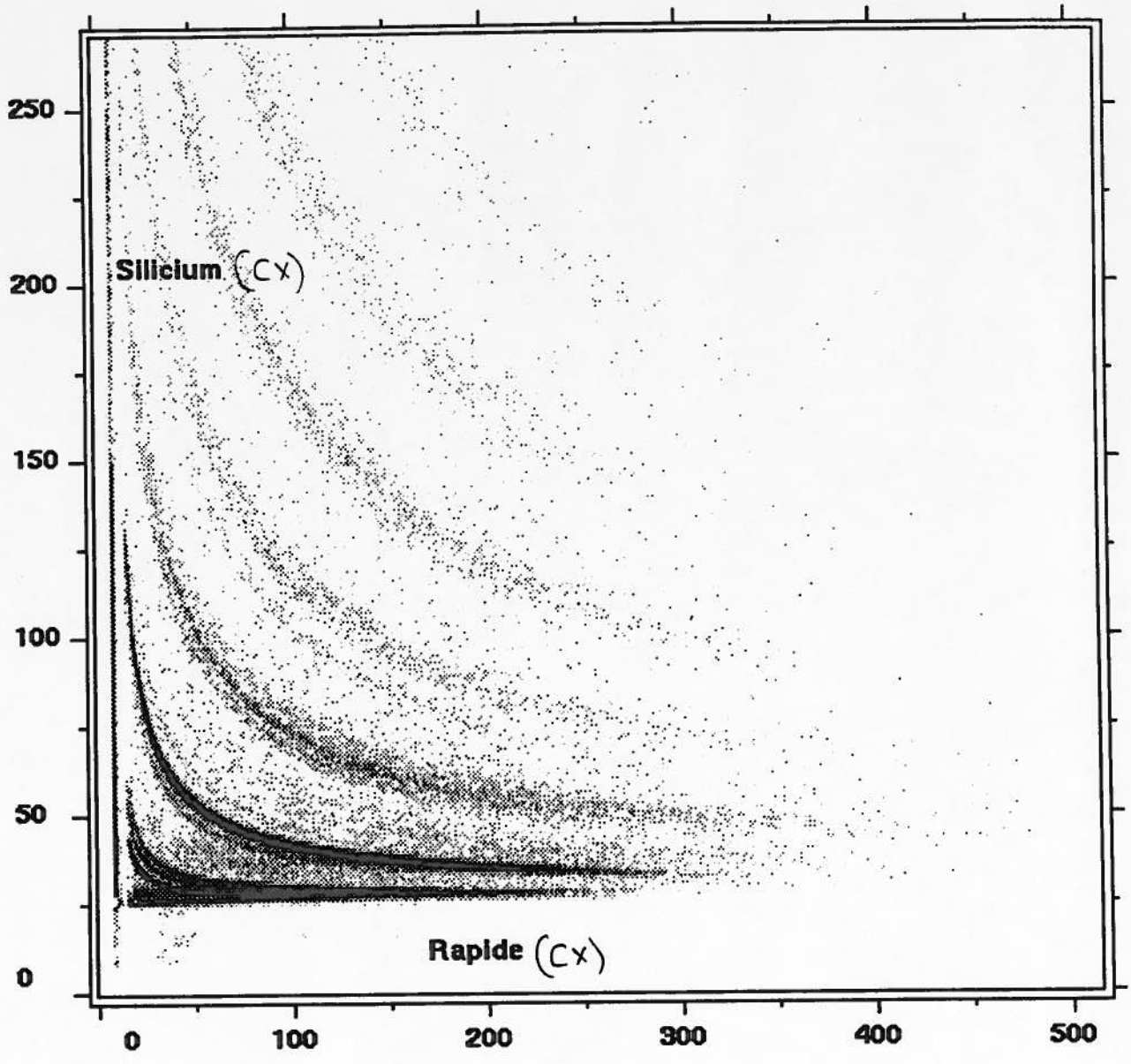


fig. 1

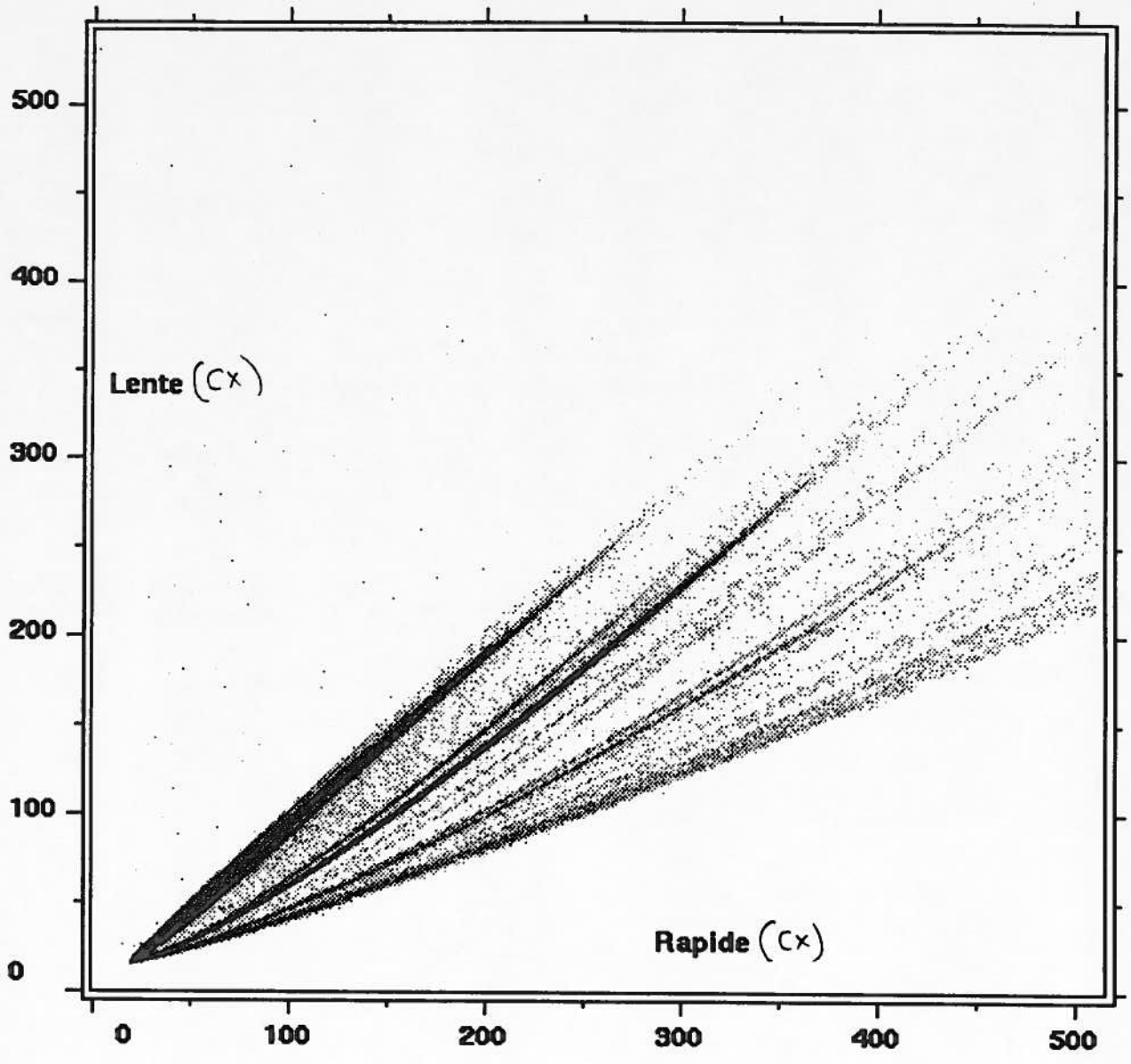


fig. 2

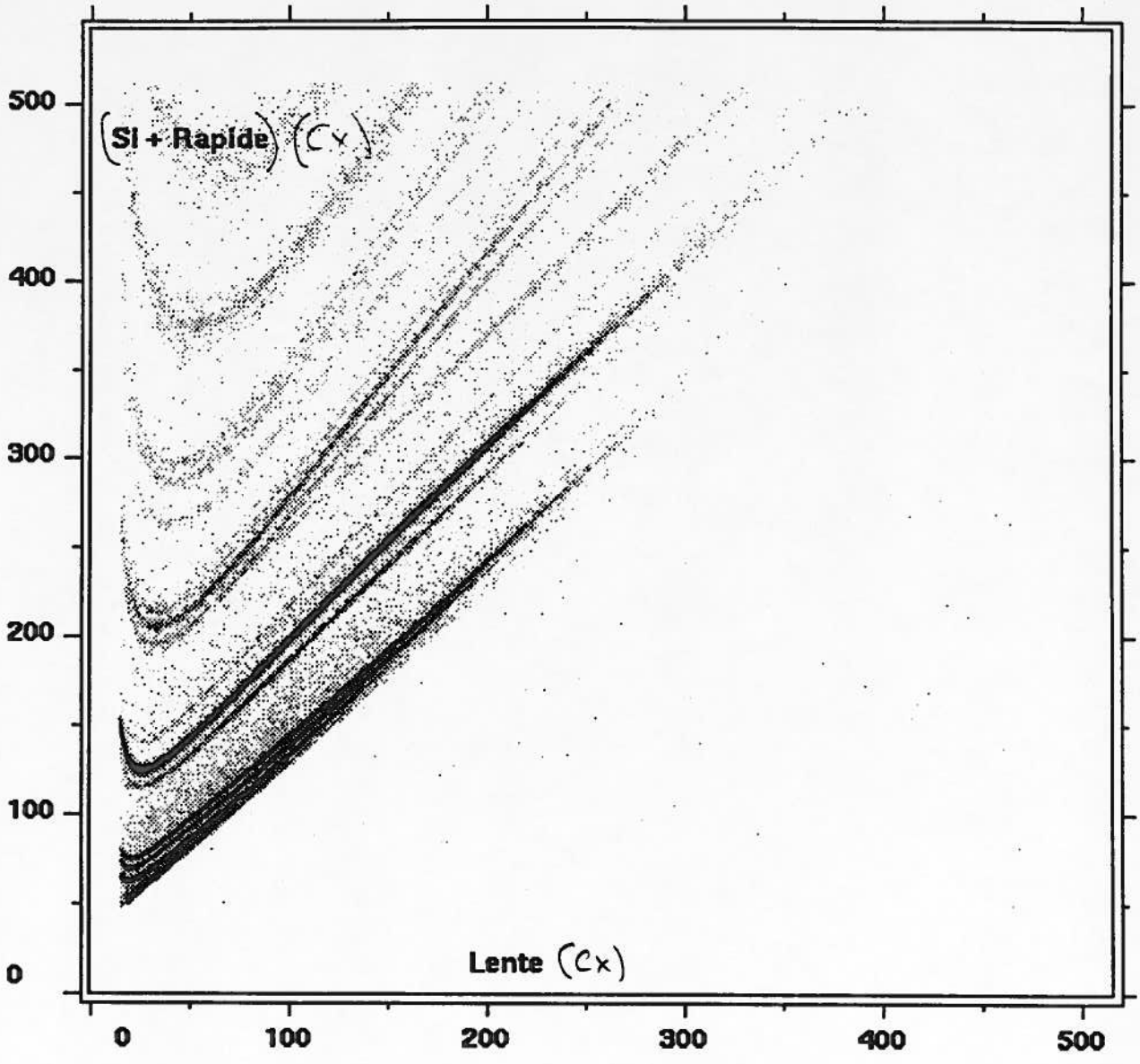


Fig. 3

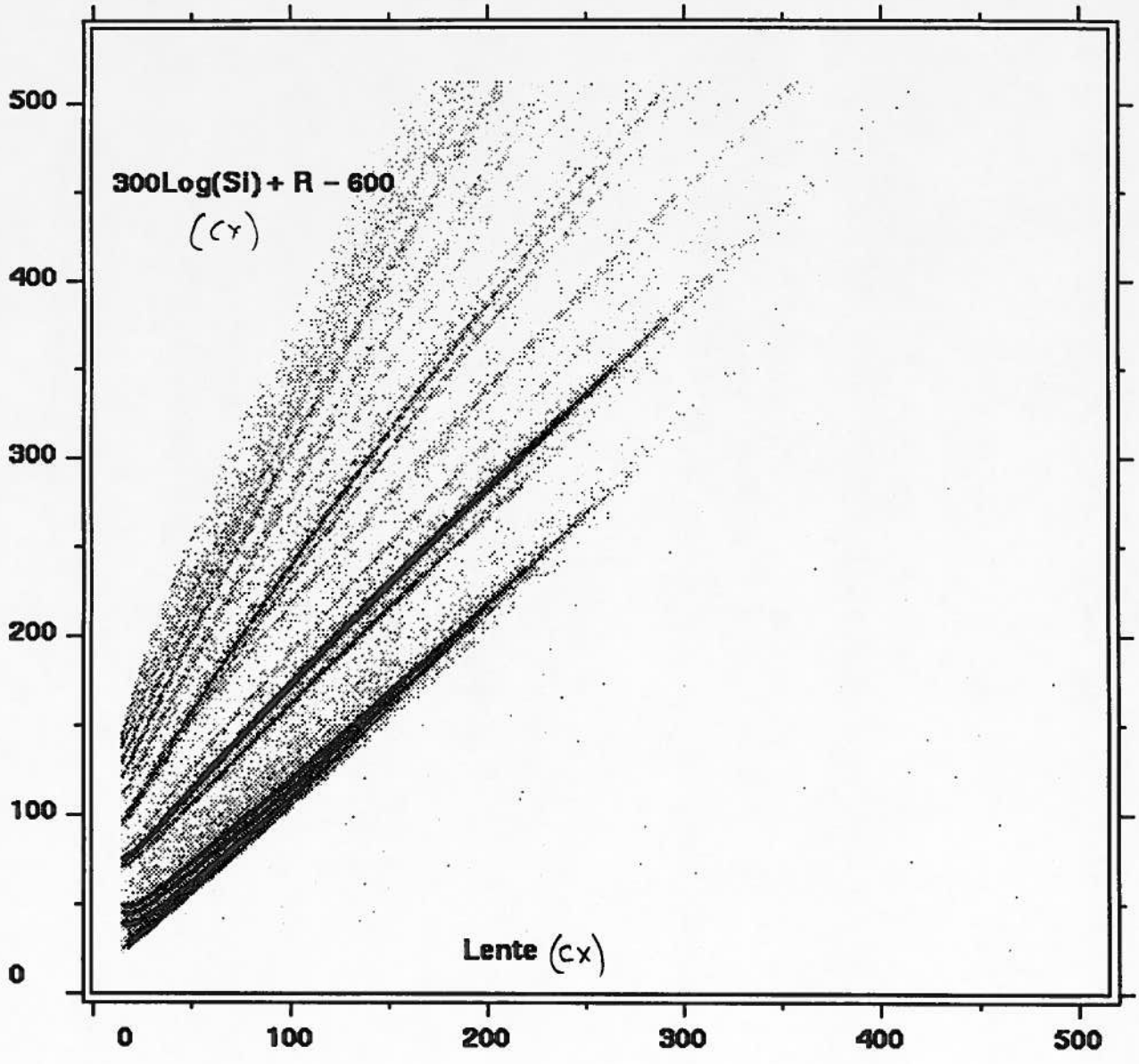


fig. 4

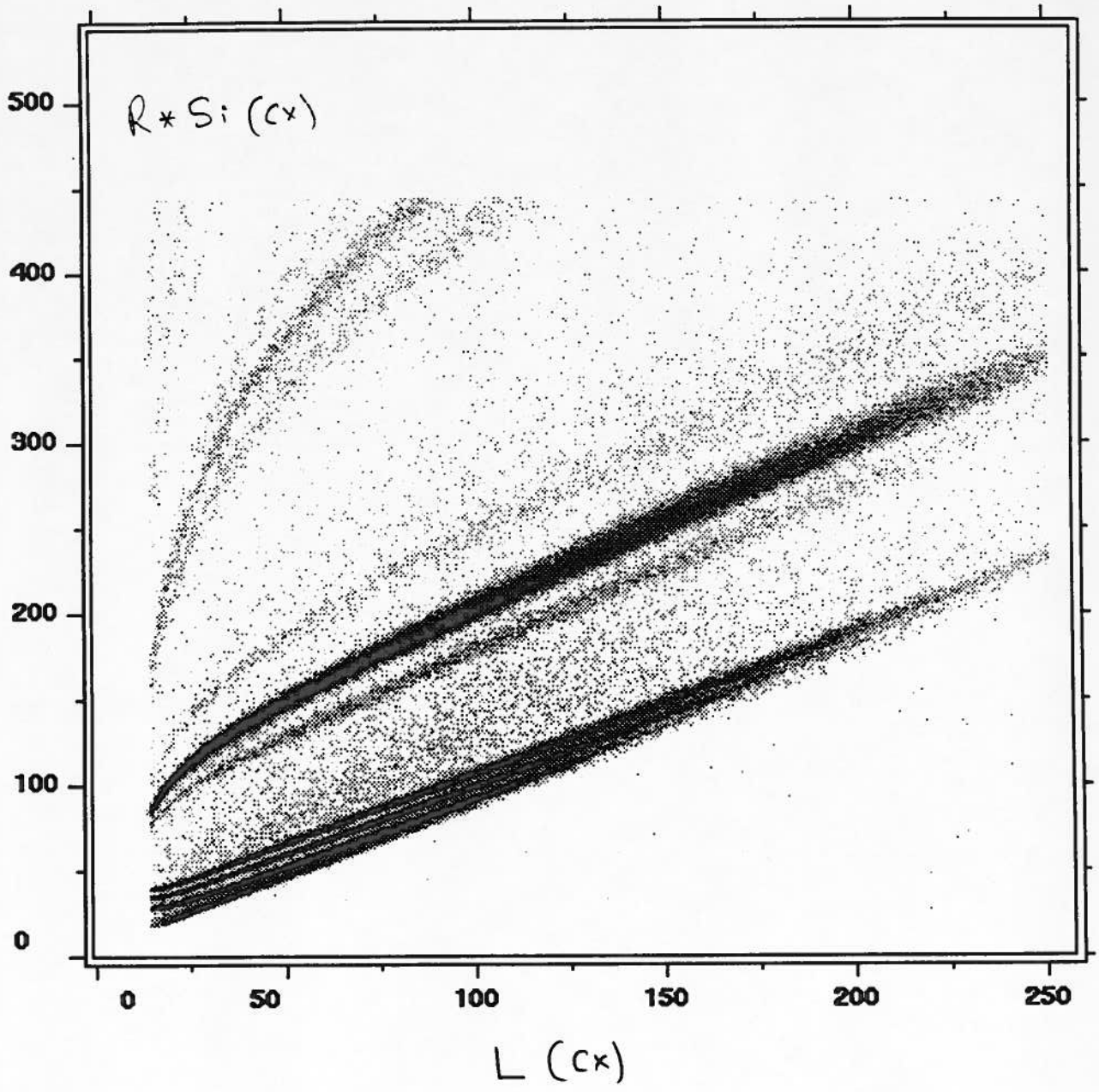


fig. 5

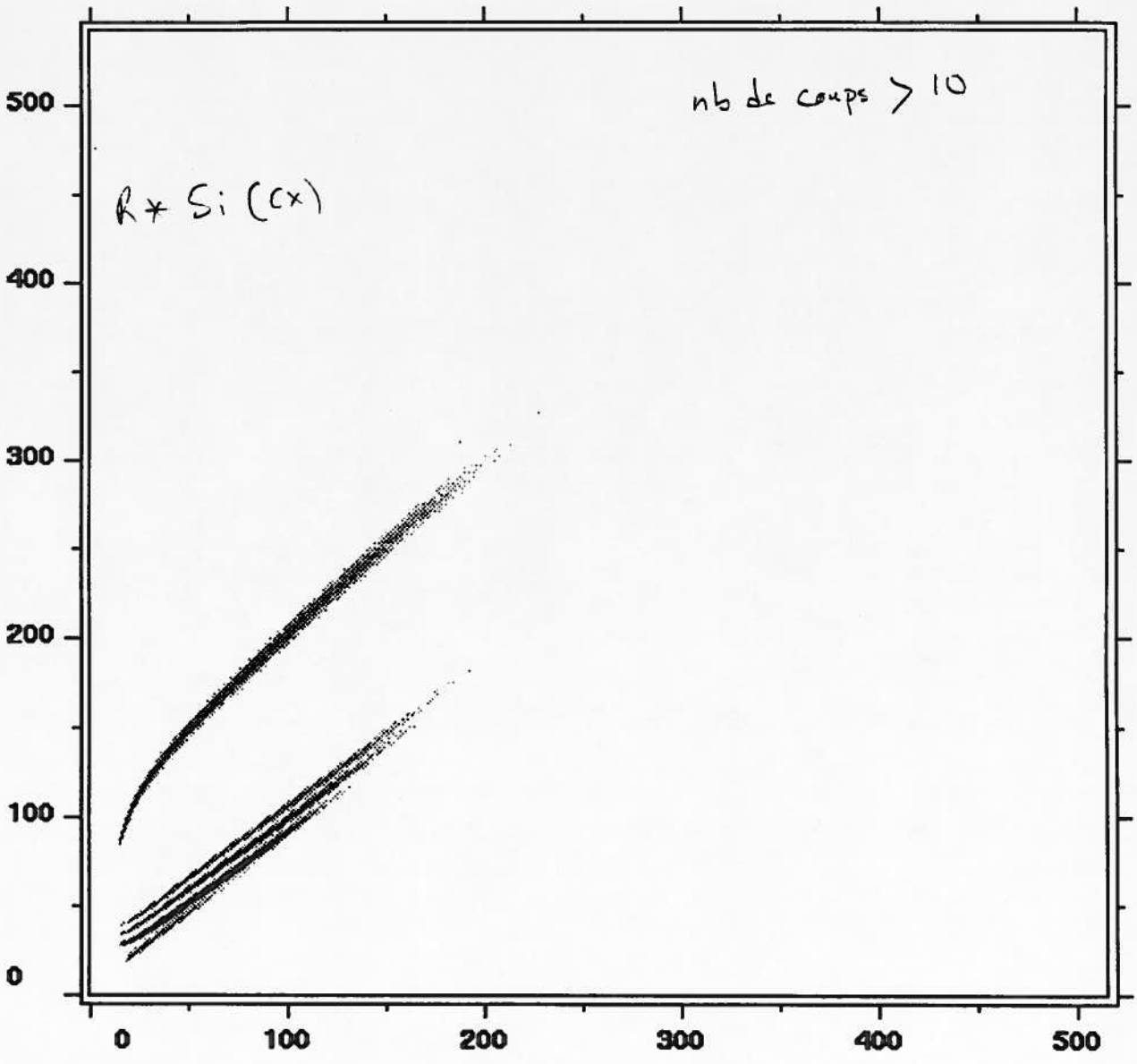
nb de coups > 10
R * Si (cx)
500
400
300
200
100
0
0
100
200
300
400
500
L (cx)

fig. 6

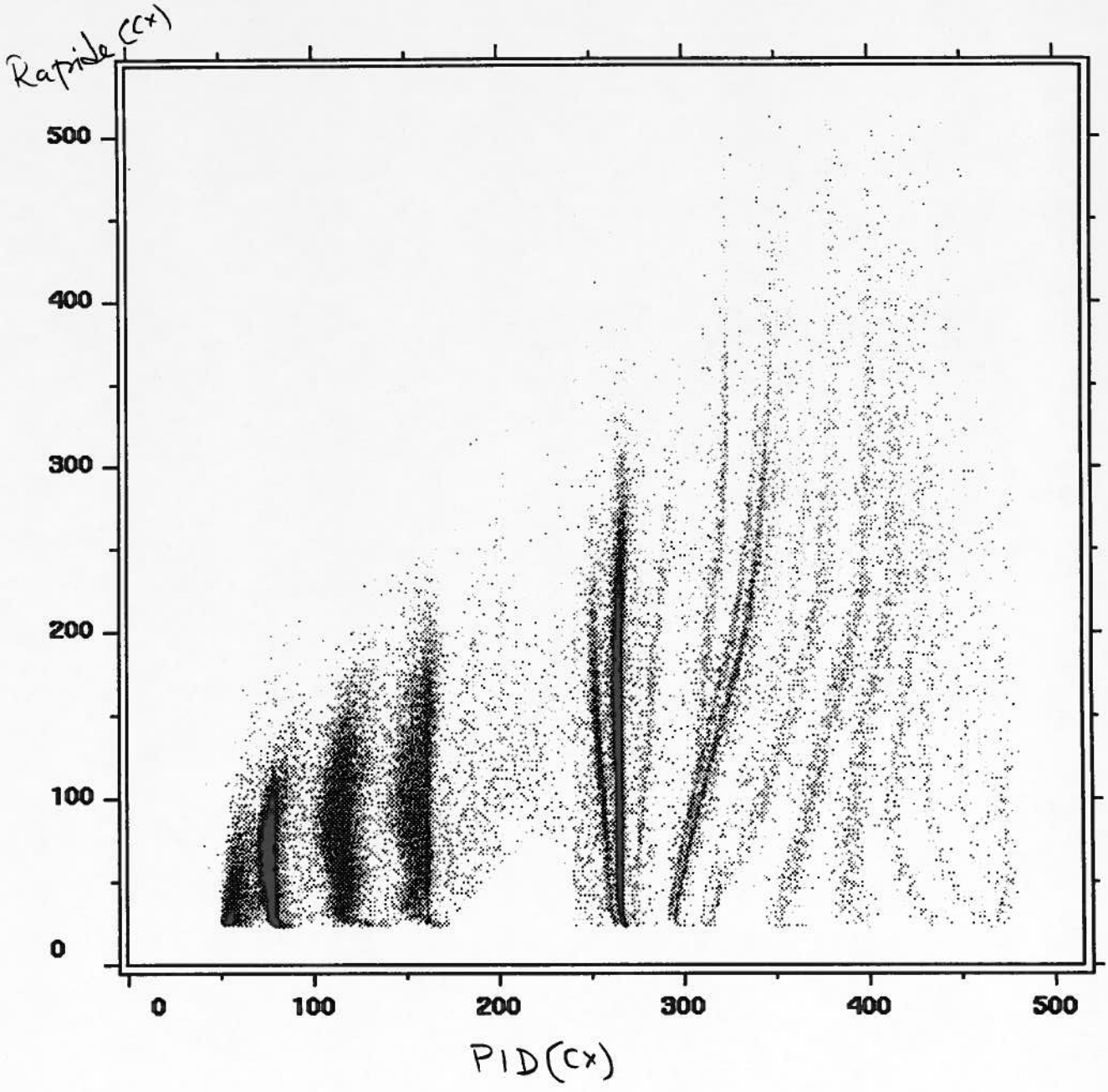


fig. 7

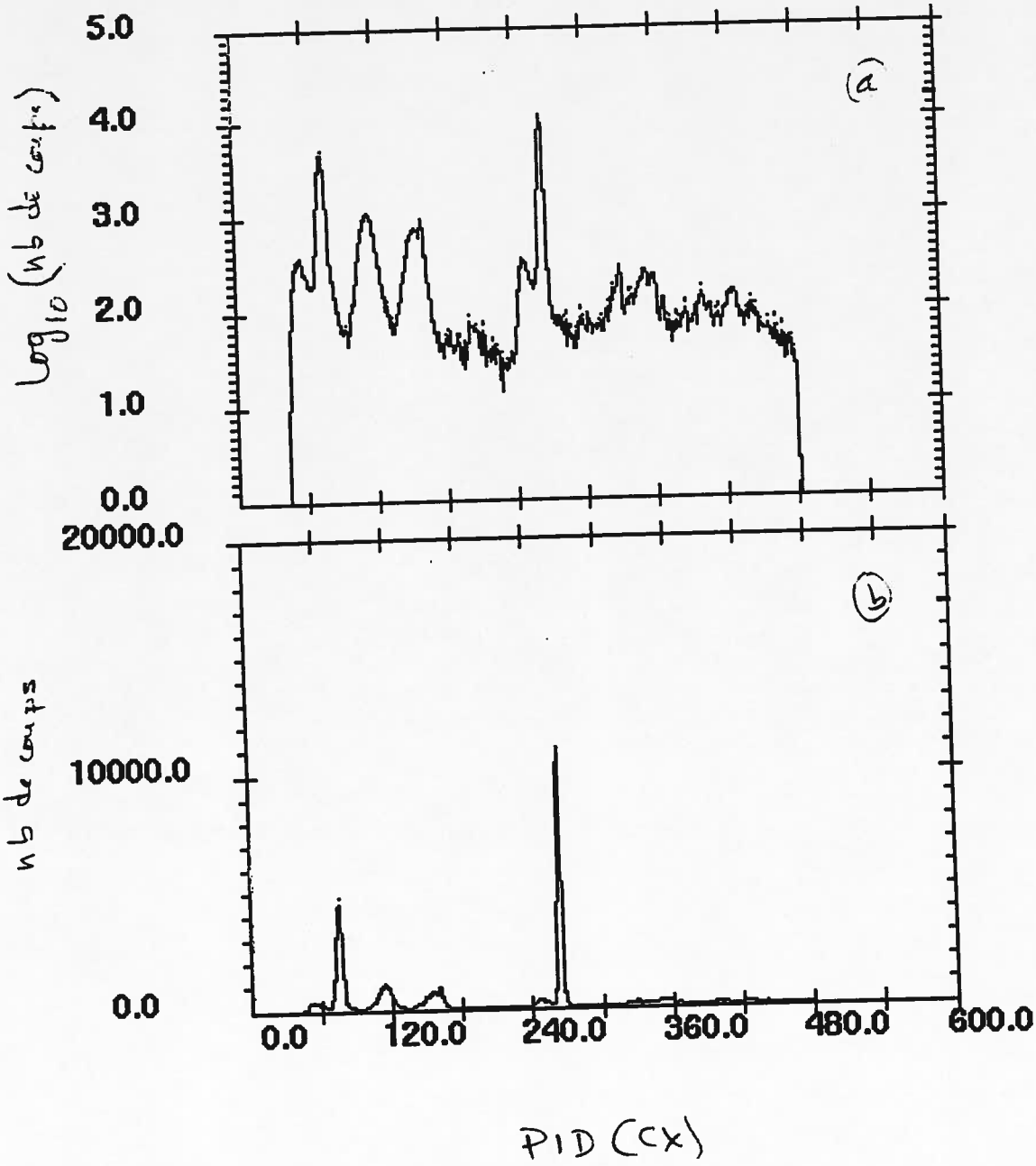
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
(a)
20000.0
10000.0
0.0
(b)
0.0
120.0
240.0
360.0
480.0
600.0
PID (CX)

fig. 8

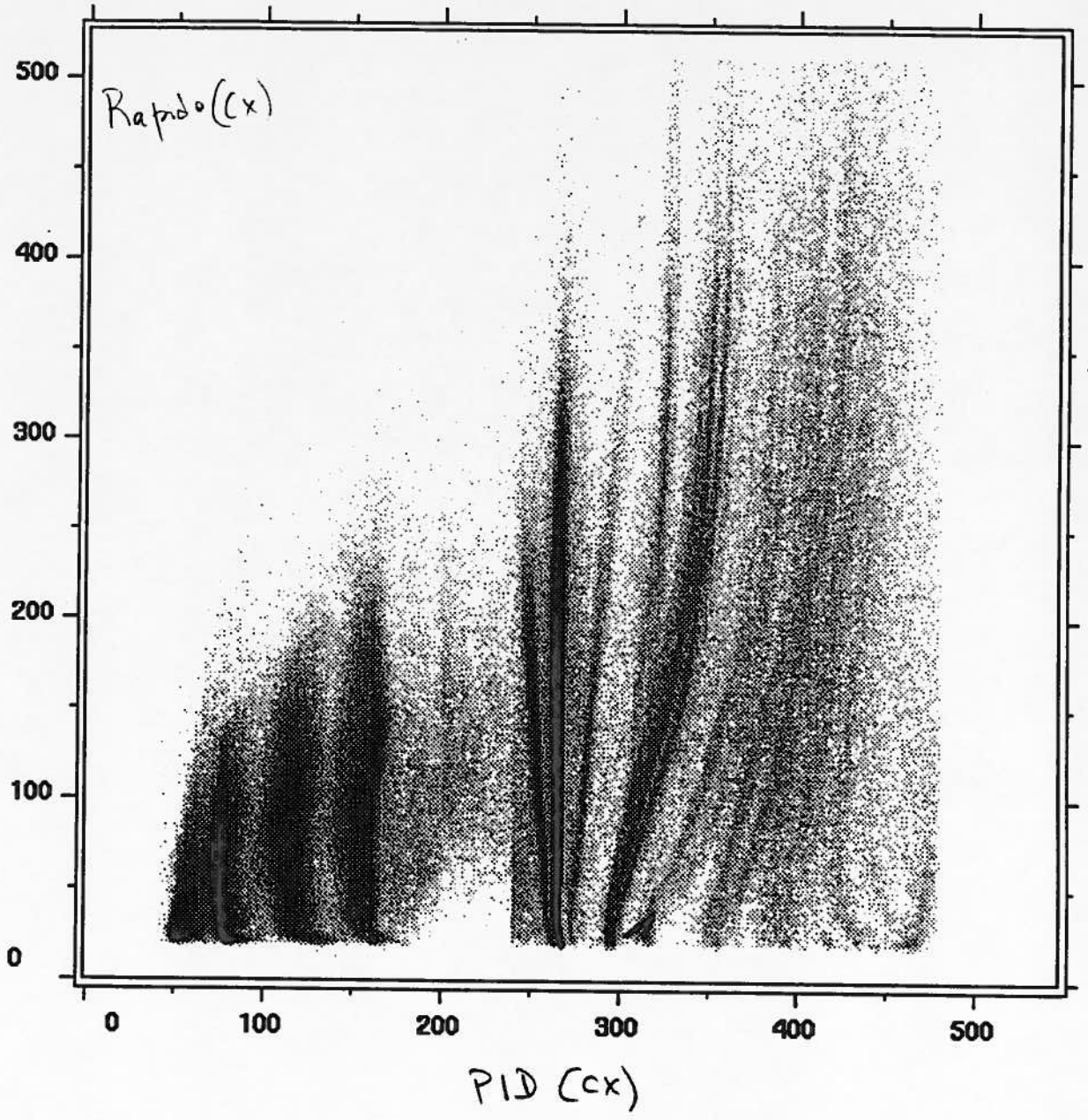


fig. 9

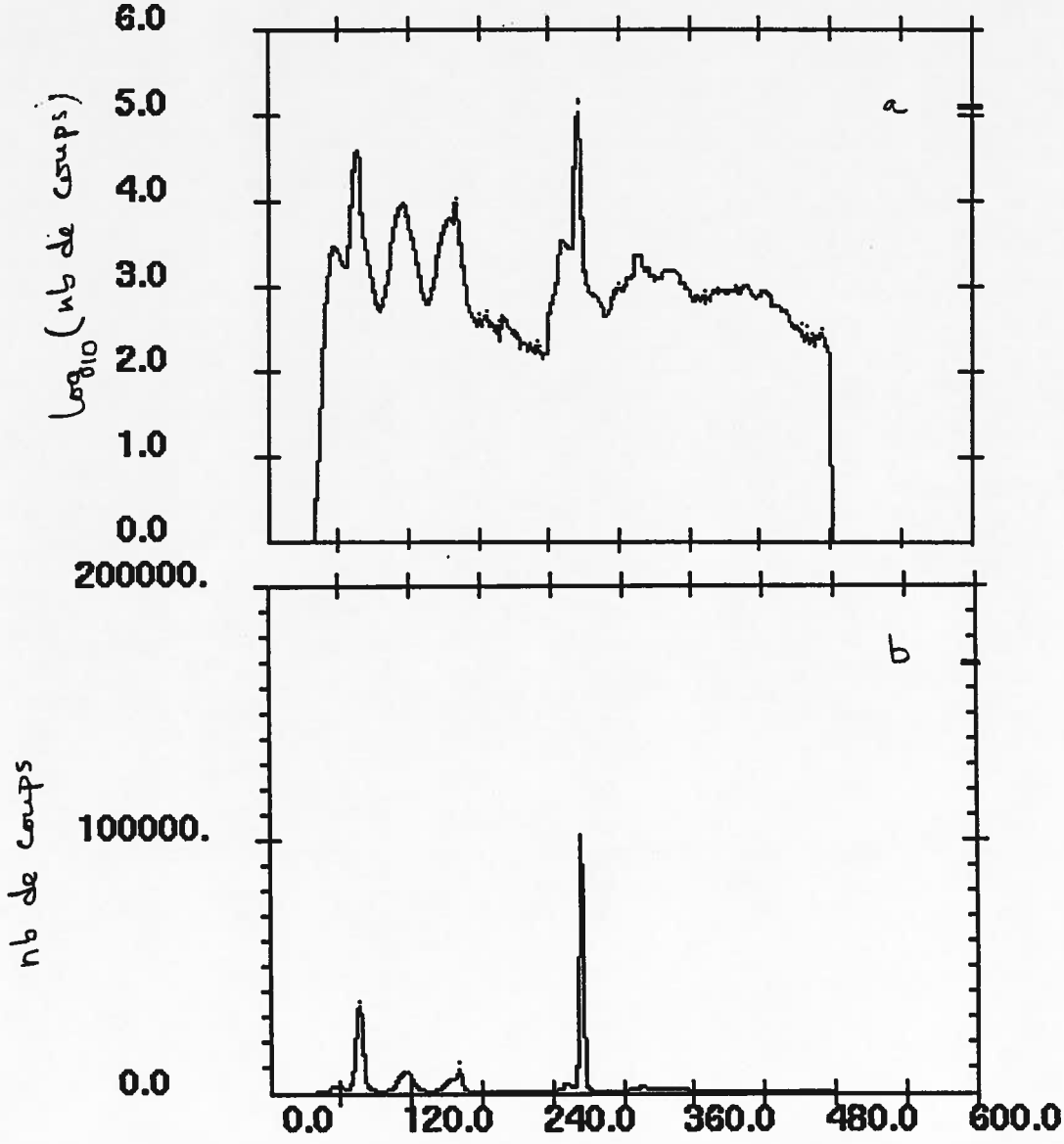
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
$\log_{10}$ (nb de coups)
a
200000.
100000.
0.0
nb de coups
b
0.0
120.0
240.0
360.0
480.0
600.0

fig. 10