

Feuille d'ajustement de courbe par minimisation d'un χ^2

x	dx	y	dy	yth	χ^2
1,0	0,3	6,2	0,4	3,0	3,01
2,0	0,2	0,3	2,2	-2,0	0,97
3,0	0,5	-2,0	0,1	-5,0	8,91
4,0	0,4	-4,0	0,2	-6,0	100,00
5,0	0,5	-2,5	0,5	-5,0	5,00
6,0	0,6	-1,0	0,6	-2,0	0,16
7,0	0,7	4,5	0,7	3,0	0,12
8,0	0,8	6,0	0,2	10,0	0,39
9,0	0,3	16,0	2,9	19,0	0,52
10,0	0,8	21,0	0,3	30,0	0,88

119,96

a	b	c
1,00	-8,00	10,00
Da	Db	Dc
0,1	0,1	0,1

Minimiseur...

NPts	Npar	NDL	probabilité
10	3	7	0,0000000

- Attention : il y a un bug dans les zones de texte Excel 2004 (retours à la ligne supprimés).

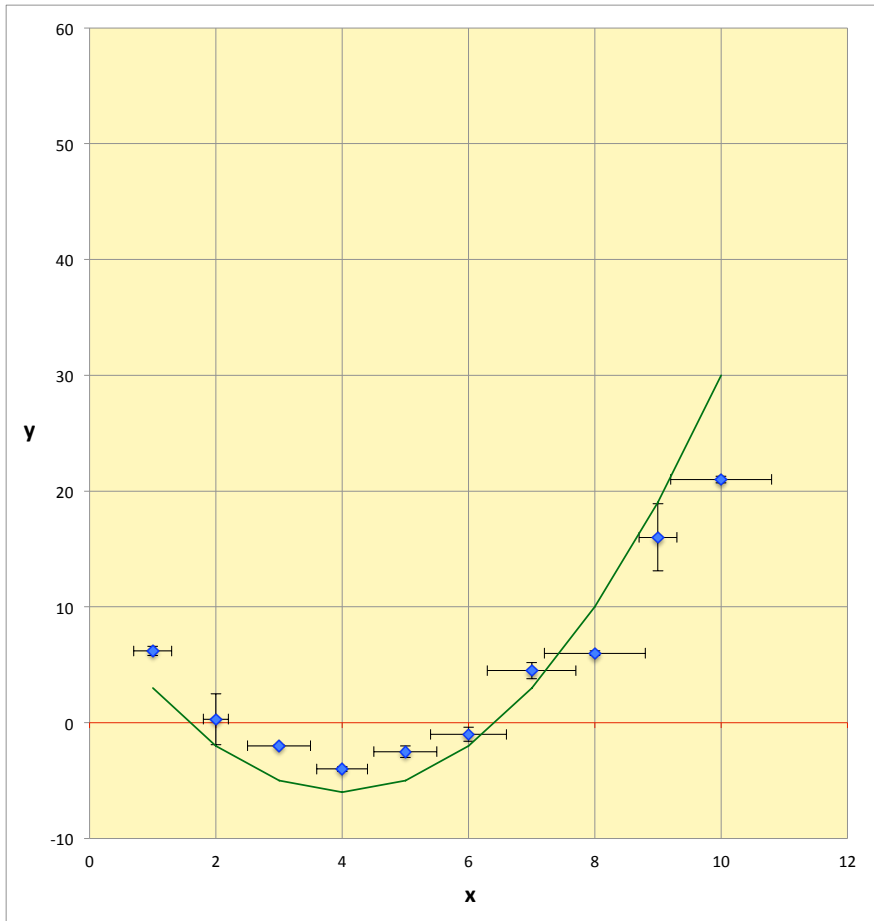
Pour récupérer la liste des résultats : la sélectionner puis la copier dans la boîte de dialogue du minimiseur ; sortir en conservant les résultats.

Pour contourner le bug : activer une cellule (mais sans commencer l'édition) puis coller les résultats (ils se placent dans une colonne de cellules prenant en compte les retours à la ligne. Transférer éventuellement ensuite dans une zone de texte par copier-coller.

- Il y a aussi un bug d'affichage des boutons dans Excel 2011 ; on peut utiliser une forme rectangle.

• Pour imposer des limites aux paramètres on élimine dans la (les) fonction(s) l'effet des variations au delà de la limite : ici on limite avec cMin et cMax dans le calcul de yth par la fonction fonc (et donc indirectement dans le χ^2).

• Si le minimum calculé correspond à la limite du paramètre, cela suggère qu'elle est atteinte ; il peut alors être judicieux, pour comparer, de procéder à une seconde minimisation en bloquant le paramètre sur cette valeur limite (dp = 0).



essai avec limites lointaines :
aMin = 0,10
bMax = -5,0

MINIMI (minimisation sans dérivées) MINIMI

Nombre de paramètres : 3

Nombre de paramètres effectifs : 3

Taille des pas : 1

Précision : 0,0001

Analyse des incertitudes pour un chi2

Valeurs initiales [Pas relatif]

a : 1 [Da : 0,1]

b : -8 [Db : 0,1]

c : 10 [Dc : 0,1]

Premier calcul de la quantité minimisée : Min = 119,960723618308

Paramètres pour le pas numéro : 4 (Min = 17,0194057550886)

a : 1,06

b : -7,91056914641594

c : 10,4480144406427

Paramètres pour le pas numéro : 8 (Min = 2,58788828376739)

a : 0,9057215681358

b : -7,64912865326507

c : 12,2333733305871

Paramètres pour le pas numéro : 12 (Min = 2,58126058885272)

a : 0,905559495919821

b : -7,65472065504564

c : 12,2427337327968

Paramètres pour le pas numéro : 16 (Min = 2,56810877221249)

a : 0,912929279521314

b : -7,70920286900795

c : 12,3335522029747

Paramètres pour le pas numéro : 20 (Min = 2,55215711426973)

a : 0,9216786065076

b : -7,80740026003519

c : 12,593243932575

Paramètres pour le pas numéro : 24 (Min = 2,55215711351736)

a : 0,921678676021762

b : -7,8073984271793

c : 12,5932410715668

Paramètres pour le pas numéro : 28 (Min = 2,55215711351734)

a : 0,921678678711792

b : -7,80739843920645

c : 12,5932410827411

Paramètres pour le pas numéro : 32 (Min = 2,55215711351734)

a : 0,921678678450281

b : -7,80739843762297

c : 12,5932410811042

Paramètres pour le pas numéro : 36 (Min = 2,55215711351734)

a : 0,921678678506882

b : -7,80739843796569

c : 12,5932410814585

La minimisation est terminée

Le minimum n'a pas été amélioré à la dernière étape

La plus faible valeur est : Min = 2,55215711351734 (pour l'entrée : 213)

Calcul des incertitudes en 3 étapes

Paramètres [Déviations standard]

a : 0,921678678506882 [Da : 0,103055514694088]

b : -7,80739843796569 [Db : 0,908459275805457]

essai avec limite proche :

aMin = 0,10

bMax = -7,8

- b dépasse la limite, il faut le symétriser par rapport à bMax et changer les signes des covariances et corrélations correspondantes
- a et c semblent mieux déterminés dès lors que b est en partie bloqué

MINIMI (minimisation sans dérivées) MINIMI

Nombre de paramètres : 3

Nombre de paramètres effectifs : 3

Taille des pas : 1

Précision : 0,0001

Analyse des incertitudes pour un chi2

Valeurs initiales [Pas relatif]

a : 1 [Da : 0,1]

b : -8 [Db : 0,1]

c : 10 [Dc : 0,1]

Premier calcul de la quantité minimisée : Min = 119,960723618308

Paramètres pour le pas numéro : 4 (Min = 17,1417648639862)

a : 1,06

b : -7,9

c : 10,4196866839133

Paramètres pour le pas numéro : 8 (Min = 7,79593911693103)

a : 0,995874908389244

b : -7,76533996099521

c : 11,2687198449655

Paramètres pour le pas numéro : 12 (Min = 2,55801362055722)

a : 0,929341692542955

b : -7,72213434959204

c : 12,7493057175558

Paramètres pour le pas numéro : 16 (Min = 2,55796305743038)

a : 0,929293517153855

b : -7,72254896828139

c : 12,749330586512

Paramètres pour le pas numéro : 20 (Min = 2,55217153945237)

a : 0,921470270663988

b : -7,79345167833538

c : 12,5935235892684

Paramètres pour le pas numéro : 24 (Min = 2,55215724291425)

a : 0,921681016829856

b : -7,79248152552761

c : 12,5937095334816

Paramètres pour le pas numéro : 28 (Min = 2,55215711351735)

a : 0,921678675247521

b : -7,79260158652185

c : 12,5932410456694

Paramètres pour le pas numéro : 32 (Min = 2,55215711351734)

a : 0,921678675244582

b : -7,79260158667168

c : 12,5932410450851

La minimisation est terminée

Le minimum n'a pas été amélioré à la dernière étape

La plus faible valeur est : Min = 2,55215711351734 (pour l'entrée : 181)

Calcul des incertitudes en 3 étapes

Paramètres [Déviations standard]

a : 0,921678675244582 [Da : 0,00933348119249607]

b : -7,79260158667168 [Db : 0,0956981344736034]

Cov[b,a] : 0,000801289705353509 ; Cor[b,a] : 0,897103259589577

Cov[b,a] : -0,0891468385326576 ; Cor[b,a] : -0,952202343196214
c : 12,5932410814585 [Dc : 2,12034946474554]
Cov[c,a] : 0,179891367369247 ; Cor[c,a] : 0,8232498141154
Cov[c,b] : -1,83731913380934 ; Cor[c,b] : -0,953831562469603

c : 12,5932410450851 [Dc : 0,271354915998879]
Cov[c,a] : -0,000249376929945655 ; Cor[c,a] : -0,0984634216229721
Cov[c,b] : 0,0055525770126173 ; Cor[c,b] : 0,213822510907094

Statistique de la minimisation : nombre d'entrées = 229 ; nombre de pas = 36

Statistique de la minimisation : nombre d'entrées = 202 ; nombre de pas = 32

essai avec limite franche :

aMin = 0,10
bMax = -8,0

- b ne dépasse pas la limite ; les signes des covariances et corrélations correspondantes sont modifiés mais sont associés à la solution contrainte
- a et c semblent mieux déterminés dès lors que b est en partie bloqué

MINIMI (minimisation sans dérivées) MINIMI

Nombre de paramètres : 3

Nombre de paramètres effectifs : 3

Taille des pas : 1

Précision : 0,0001

Analyse des incertitudes pour un chi2

Valeurs initiales [Pas relatif]

a : 1 [Da : 0,1]

b : -8 [Db : 0,1]

c : 10 [Dc : 0,1]

Premier calcul de la quantité minimisée : Min = 119,960723618308

Paramètres pour le pas numéro : 4 (Min = 16,1295986722948)

a : 1,0688380992358

b : -8

c : 10,7004618369636

Paramètres pour le pas numéro : 8 (Min = 2,78685105868896)

a : 0,952842960413363

b : -7,92029856089418

c : 13,2612868258033

Paramètres pour le pas numéro : 12 (Min = 2,64853219822129)

a : 0,953217358040911

b : -7,90051396291028

c : 13,2456231511283

Paramètres pour le pas numéro : 16 (Min = 2,6480804819832)

a : 0,953056463415942

b : -7,90110851232615

c : 13,2441141248661

Paramètres pour le pas numéro : 20 (Min = 2,64444409011945)

a : 0,95204280648082

b : -7,90762017183062

c : 13,2305107896146

Paramètres pour le pas numéro : 24 (Min = 2,6016564675646)

a : 0,943764278665041

b : -7,98545381051085

c : 13,056207194707

Paramètres pour le pas numéro : 28 (Min = 2,59512547443099)

a : 0,942515363638246

b : -7,99935472192741

c : 13,0243867348051

Paramètres pour le pas numéro : 32 (Min = 2,59484293785018)

a : 0,942429473964013

b : -8,0000003055327

c : 13,0230097144685

Paramètres pour le pas numéro : 36 (Min = 2,59484293785014)

a : 0,942429467564599

b : -8,0000003055327

c : 13,0230098583155

Paramètres pour le pas numéro : 40 (Min = 2,59484292513894)

a : 0,942429488270268

b : -7,9999999932834

c : 13,0230097107628

essai avec valeur b bloquée :

aMin = 0,10
b = bMax = -8,0

- a et c semblent mieux déterminés dès lors que b est bloqué

MINIMI (minimisation sans dérivées) MINIMI

Nombre de paramètres : 3

Nombre de paramètres effectifs : 2

Taille des pas : 1

Précision : 0,0001

Analyse des incertitudes pour un chi2

Valeurs initiales [Pas relatif]

a : 1 [Da : 0,1]

b : -8 [Db : 0]

c : 10 [Dc : 0,1]

Premier calcul de la quantité minimisée : Min = 119,960723618308

Paramètres pour le pas numéro : 3 (Min = 16,1295986722948)

a : 1,0688380992358

b : -8

c : 10,7004618369636

Paramètres pour le pas numéro : 6 (Min = 2,705096978624)

a : 0,944571428707966

b : -8

c : 13,0621660731225

Paramètres pour le pas numéro : 9 (Min = 2,59705155742139)

a : 0,941492419509472

b : -8

c : 13,0497798147279

Paramètres pour le pas numéro : 12 (Min = 2,59484291738719)

a : 0,942428028160872

b : -8

c : 13,0230168667403

Paramètres pour le pas numéro : 15 (Min = 2,59484291731907)

a : 0,942428259745925

b : -8

c : 13,0230135270159

Paramètres pour le pas numéro : 18 (Min = 2,59484291731906)

a : 0,942428259857516

b : -8

c : 13,0230135255574

Paramètres pour le pas numéro : 21 (Min = 2,59484291731906)

a : 0,942428259050385

b : -8

c : 13,023013534424

Paramètres pour le pas numéro : 24 (Min = 2,59484291731906)

a : 0,942428258612272

b : -8

c : 13,02301354015

La minimisation est terminée

Le minimum n'a pas été amélioré à la dernière étape

La plus faible valeur est : Min = 2,59484291731906 (pour l'entrée : 136)

Calcul des incertitudes en 3 étapes

Paramètres [Déviations standard]

a : 0,942428258612272 [Da : 0,0321258847207151]

b : -8 [Db : 0]

c : 13,02301354015 [Dc : 0,649237731506611]

Cov[c,a] : -0,0193175722370012 ; Cor[c,a] : -0,926176370586113

Paramètres pour le pas numéro : 44 (Min = 2,59484292485136)

a : 0,942429487859741

b : -8,00000000000308

c : 13,0230097219626

Statistique de la minimisation : nombre d'entrées = 152 ; nombre de pas = 24

Paramètres pour le pas numéro : 48 (Min = 2,5948429248501)

a : 0,942429487808163

b : -8,00000000000012

c : 13,0230097231517

Paramètres pour le pas numéro : 52 (Min = 2,59484292485005)

a : 0,942429487808308

b : -8,00000000000005

c : 13,023009723149

La minimisation est terminée

Le minimum n'a pas été amélioré de 0,0001 après chacune des 5 dernières étapes

La plus faible valeur est : Min = 2,59484292485005 (pour l'entrée : 317)

Calcul des incertitudes en 2 étapes

Paramètres [Déviations standard]

a : 0,942429487808308 [Da : 0,0470507592797161]

b : -8,00000000000005 [Db : 0,0163015372077445]

Cov[b,a] : -0,000502722046469101 ; Cor[b,a] : -0,655439688528436

c : 13,023009723149 [Dc : 1,07371197180604]

Cov[c,a] : -0,0505073619610333 ; Cor[c,a] : -0,999770352371596

Cov[c,b] : 0,0113908193697788 ; Cor[c,b] : 0,650786611958963

Statistique de la minimisation : nombre d'entrées = 333 ; nombre de pas = 52