

## TP4 – Analyse statistique de la texture de scories volcaniques

### Introduction

L'analyse de la distribution des tailles des scories ainsi que la caractérisation de leur texture donne des informations sur les mécanismes de leur éruption, dont le transport de magma dans le conduit.

Dans une première partie vous étudierez des produits émis par les puits de La Vache et de Lassolas, et dans une deuxième partie vous étudierez la texture de scories émises au Stromboli.

Pour mener à bien ce TP, récupérez dans l'espace de cours « Analyses et traitements de données » de l'ENT les fichiers situés dans le dossier TP4 et les mettre tous dans un même répertoire qui sera le répertoire de travail sous MATLAB ou PYTHON.

### I. Analyse statistique de la distribution des scories des puits de La Vache et de Lassolas

#### I.1 Préambule

Vous allez étudier des produits émis par les puits de La Vache et de Lassolas. Cela nécessite l'analyse de la distribution statistique de la taille des scories prélevées sur les flancs sur des puits de la Vache et de Lassolas pour quatre niveaux stratigraphiques différents. Les données acquises pour chaque niveau stratigraphique sont le diamètre équivalent des scories en unité  $\Phi$  (classification issue de la sédimentologie définie par  $\Phi = -\log_2 d$ , où  $d$  est le diamètre en mm) et la fréquence absolue de ces tailles dans chaque niveau.

Les paramètres suivants, fonctions des percentiles 5, 16, 25, 50, 75, 84, 95 (Folk 1968), sont à calculer :

- la médiane qui correspond au percentile 50 sur le diagramme des fréquences cumulées :  $Md\Phi = \Phi_{50}$ ;
- la « moyenne » des tailles  $M\Phi = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84}}{2}$ ;
- la moyenne graphique des tailles  $M_Z = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$ ;
- l'écart-type graphique ou « inclusive graphic standard deviation »  $\frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6}$ ;
- l'écart-type standard ou « sorting »  $\sigma\Phi = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{2}$  qui caractérise le tri des scories ;
- le skewness graphique ou « inclusive graphic skewness » qui donne une mesure de la dissymétrie de la distribution  $\frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$ . Si cette valeur est de 0, la distribution est symétrique ; si elle est négative, la distribution est piquée vers la gauche (faibles valeurs) et si elle est positive, la distribution est piquée vers la droite (fortes valeurs) ;
- le skewness  $a\Phi = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16} - \Phi_{50}}{\sigma\Phi}$ ;
- le kurtosis graphique  $\frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}$ . Une distribution de type normale a un kurtosis de 3. Si le kurtosis est supérieur à 1, la distribution est dite leptokurtic (pointue) et s'il est inférieur à 1, la distribution est dite platykurtic (plate).

## I.2 Travail à faire

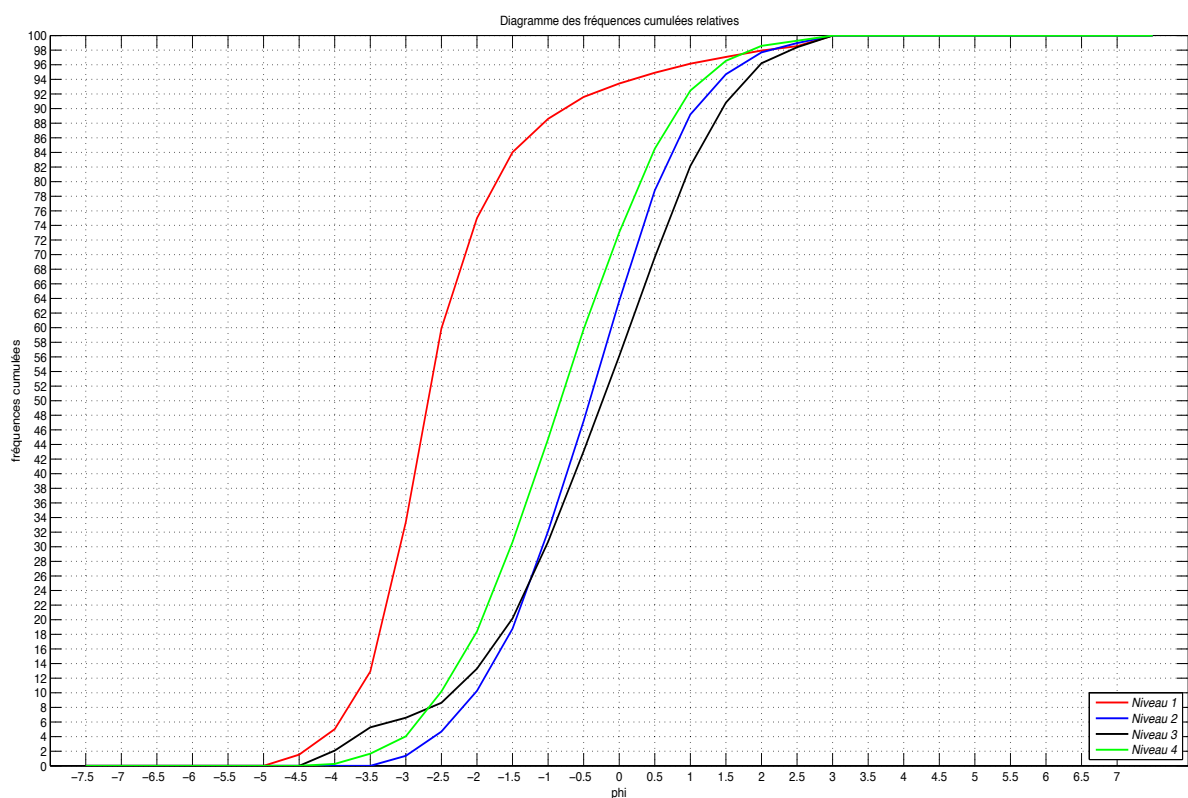
Téléchargez le fichier puy\_vache\_lassolas.mat qui contient les paramètres

Phi : diamètre équivalent en unité  $\Phi$  ;

WT1, WT2, WT3, WT4 : masse des scories échantillonnées pour chaque valeur de phi, pour chacun des quatre niveaux stratigraphiques.

Pour chaque jeu de données,

- a) calculez les fréquences relatives, puis les fréquences cumulées relatives, et tracez le diagramme des fréquences cumulées relatives en fonction de  $\Phi$ . Ce diagramme permet de comparer les scories échantillonnées dans les différents niveaux : qu'en concluez vous ? ;



Tracer toutes les courbes de fréquences relatives cumulées sur un même graphique permet de les comparer. Ici, les niveaux stratigraphiques 2 à 4 apparaissent similaires, reflétant un processus éruptif similaires pour ces trois dépôts. Par contre, le niveau stratigraphique 1, même si similaire en forme, apparaît décalé d'environ 2 unités phi vers la gauche. Ce dépôt est caractérisé par des scories statistiquement plus grosses que dans les autres dépôts.

- b) déterminer graphiquement  $\Phi_5, \Phi_{16}, \Phi_{25}, \Phi_{50}, \Phi_{75}, \Phi_{84}, \Phi_{95}$ ;

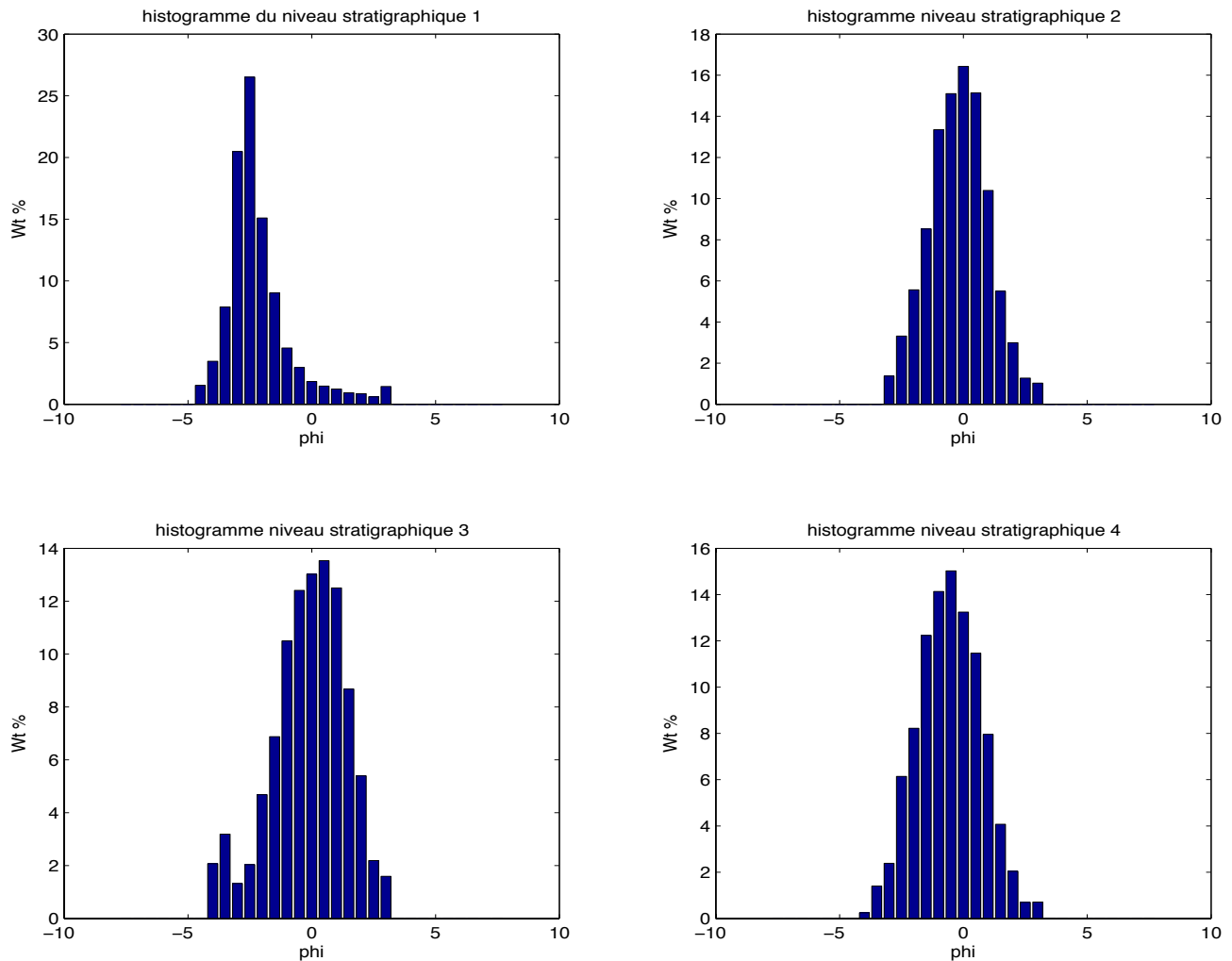
série 1 : -4,00 -3,42 -3,20 -2,69 -2,00 -1,50 0,54

série 2 : -2,47 -1,66 -1,27 -0,42 0,37 0,75 1,55

série 3 : -3,54 -1,80 -1,27 -0,23 0,71 1,11 1,89

série 4 : -2,92 -2,15 -1,73 -0,83 0,09 0,48 1,31

- c) tracez les histogrammes des fréquences relatives en fonction des diamètres équivalents  $\phi$  pour chaque niveau stratigraphique : qu'en concluez vous ? ;



Ces histogrammes nous renseignent sur la distribution de taille des scories dans chaque dépôt. Le dépôt d'une retombée, qu'il s'agisse d'un dépôt de cendre, de ponces ou de scories, se forme sous la seule action de la gravité qui a tendance à bien trier les tephres qui constituent le dépôt : un histogramme de la taille des tephres suivra alors une distribution gaussienne s'il est tracé en unité phi.

Les dépôts des niveaux 2 et 4 sont ici bien gaussiens, et donc bien des dépôts de retombée de scories.

Le dépôt du 1<sup>er</sup> niveau est par contre caractérisé par un nombre anormalement élevé de particules fines (fortes valeurs phi), ce qui est étonnant puisque ces particules sont les particules les plus facilement dispersées, et apparaît très piqué : est-ce vraiment un dépôt de retombée ?

Le dépôt du niveau 3 quant à lui montre une distribution bimodale, avec un second mode bien inférieur au premier et centré sur des valeurs de phi nettement plus faible : il correspond donc à des scories de plus grosses tailles, vraisemblablement des bombes volcaniques déposées suivant des trajectoire balistiques au sein du dépôt principal qui lui s'est formé par retombée classique. Cette hypothèse pourrait se vérifier en regardant la localisation de l'affleurement où a été effectué l'échantillonnage : s'il contient effectivement des scories balistiques, l'événement devait être relativement proche.

d) calculer tous les paramètres statistiques, y compris  $\Phi_5, \Phi_{16}, \Phi_{25}, \Phi_{50}, \Phi_{75}, \Phi_{84}, \Phi_{95}$ , et conclure.

médianes= [-2.687 -0.416 -0.235 -0.826]

moyennes graphiques= [-2.463 -0.457 -0.348 -0.834]

écart-type graphique= [ 1.168 1.213 1.550 1.298]

écart-type standard= [ 0.961 1.207 1.456 1.312]

skewness graphique= [ 0.326 -0.028 -0.148 0.002]

skewness= [-2.330 -0.412 -0.318 -0.642]

kurtosis graphique= [ 1.544 1.004 1.121 0.955]

La valeur du skewness calculée pour chaque histogramme est un indicateur de sa « dissymétrie » alors que le kurtosis donne une indication sur l'« aplatissement » de la distribution associée à cet histogramme. Enfin l'écart-type standard est un indicateur de la qualité du tri des scories.

Ces valeurs confirment, de manière quantitative, notre lecture qualitative des histogrammes :

	Sorting graphique	Skewness graphique	Kurtosis graphic
Série 1	1.17 (well sorted)	0.33 (very positive skewed)	1.54 (very leptokurtic)
Série 2	1.21 (well sorted)	-0.03 (nearly symmetrical)	1 (mesokurtic)
Série 3	1.55 (well sorted)	-0.15 (negative skewed)	1.12 (leptokurtic)
Série 4	1.29 (well sorted)	0.0 (nearly symmetrical)	0.96 (mesokurtic)

## II. Étude de la texture des scories du Stromboli

### II.1 Préambule

Vous allez maintenant étudier la texture de scories émises au Stromboli par une analyse statistique de leurs vésicules : le diamètre équivalent de ces vésicules, leur surface, périmètre, grand axe et petit axe ainsi que leur orientation spatiale. Tous ces paramètres renseignent sur les processus physiques pilotant l'écoulement ascendant du magma dans le conduit.

Le fichier vesicle\_stromboli.mat contient les données suivantes :

A : surface des vésicules en  $\text{mm}^2$  ;

EqDi : diamètre équivalent des vésicules en mm ;

Grossissement : grossissement utilisé pour la mesure au microscope des caractéristiques physiques des vésicules. Le grossissement prend les valeurs 1 (grossissement x5), 2 (grossissement x25), 3 (grossissement x100) ou 4 (grossissement x500) ;

Orientation : orientation en degré de l'ellipse qui représente le mieux chaque vésicule (en 2D) ;

a : demi-grand axe de la meilleure ellipse pour chaque vésicule en mm ;

b : demi-petit axe de la meilleure ellipse pour chaque vésicule en mm ;

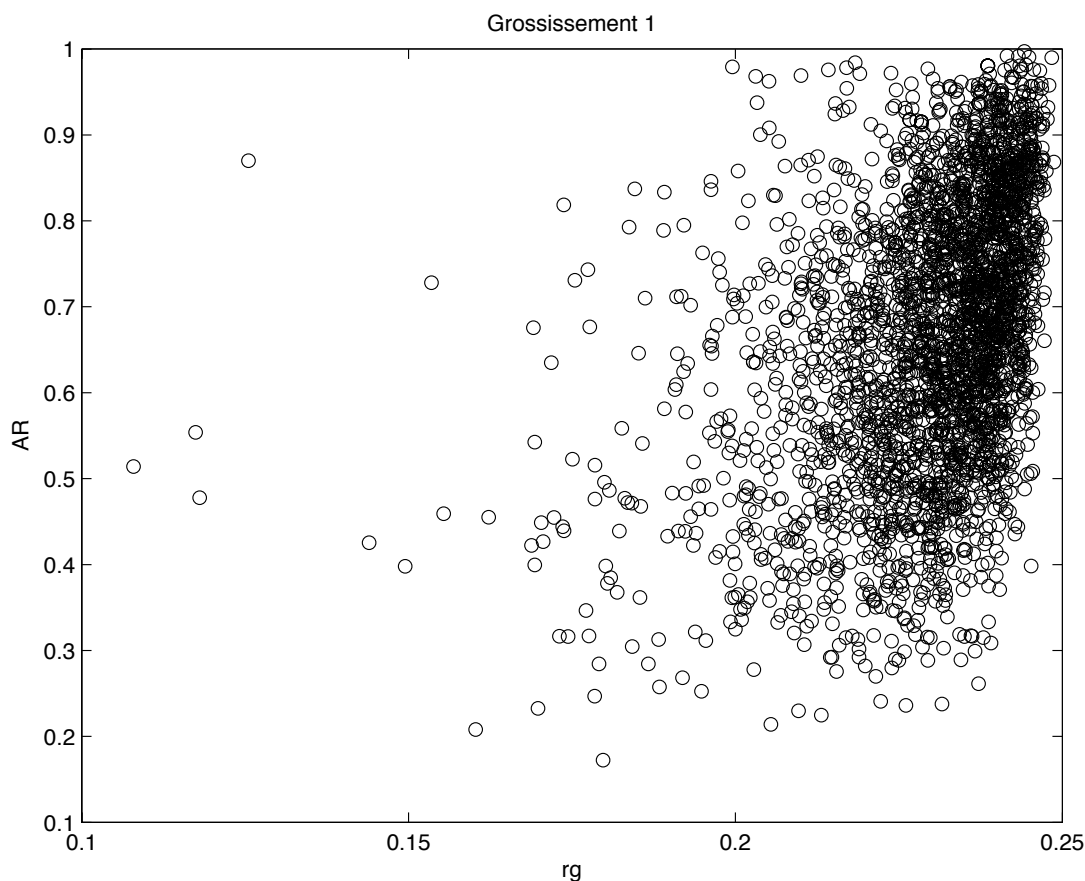
p : périmètre 2D des vésicules en mm.

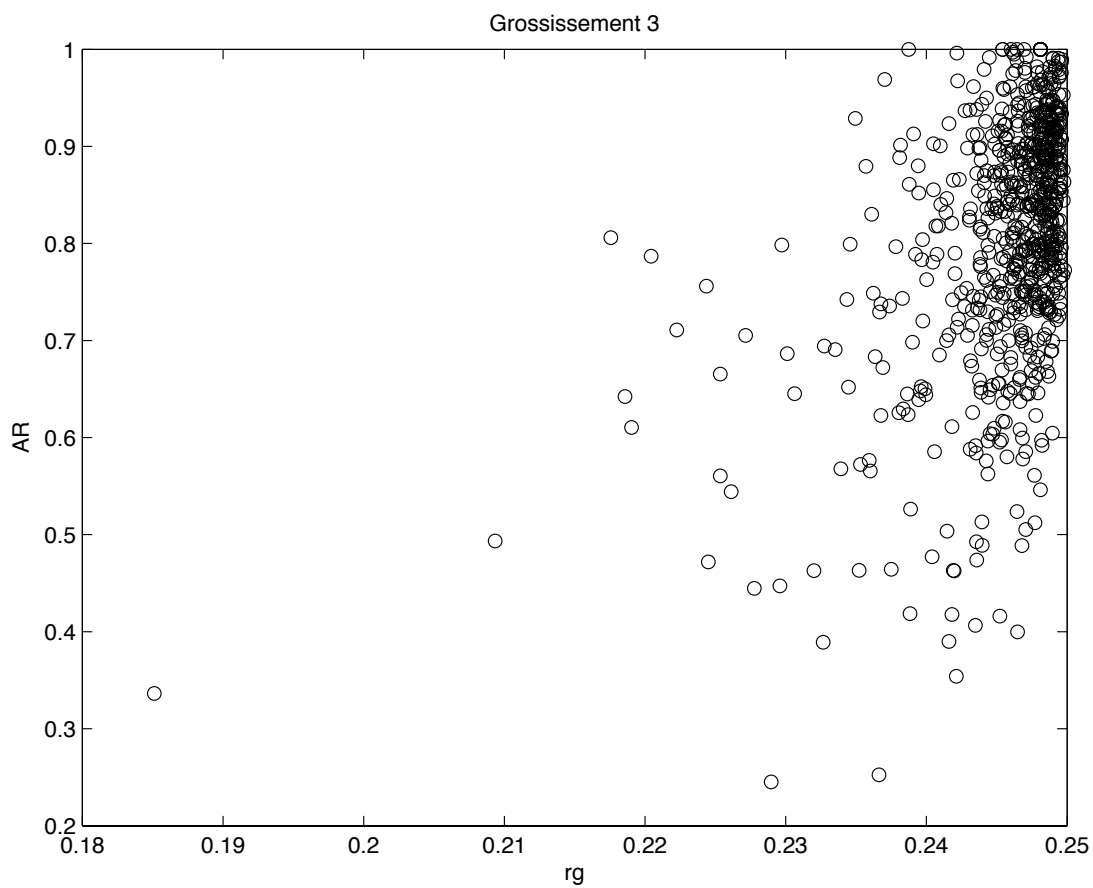
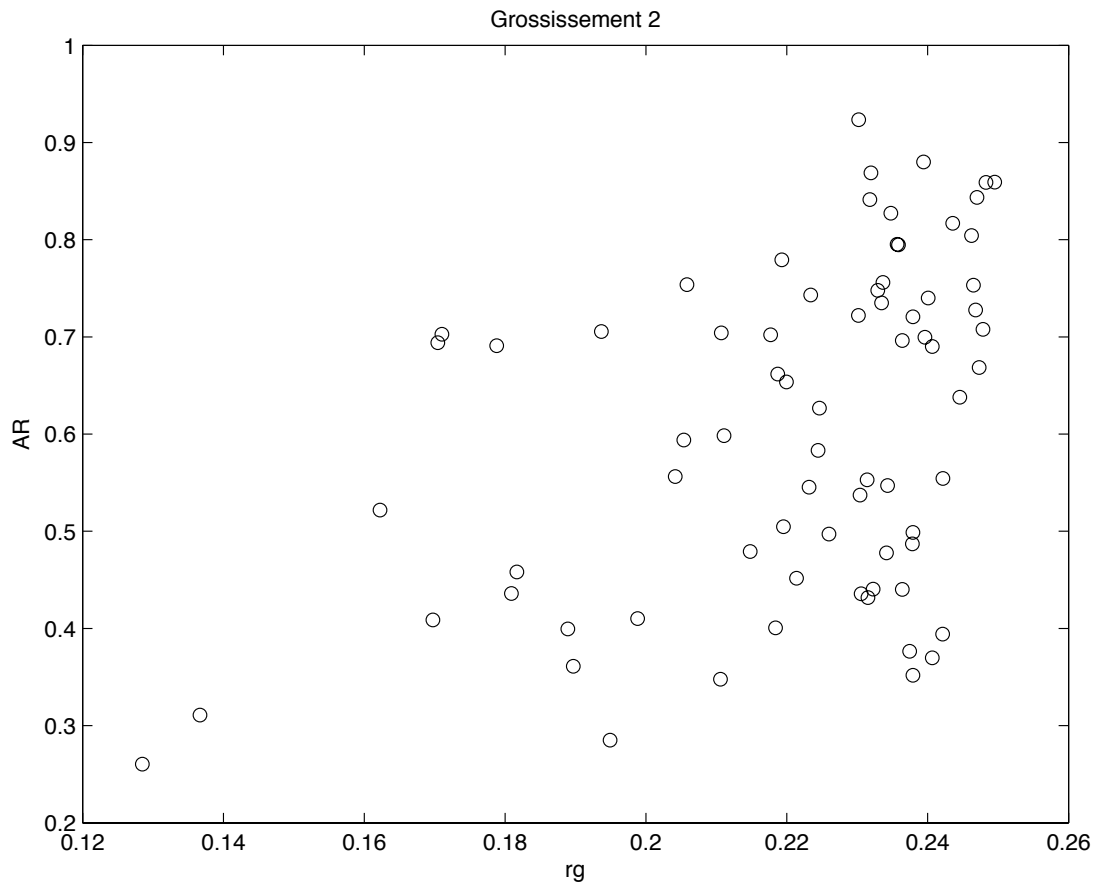
L'étude de la texture des scories via l'analyse des vésicules nécessite de calculer les paramètres de forme (ou shape parameters) suivants :

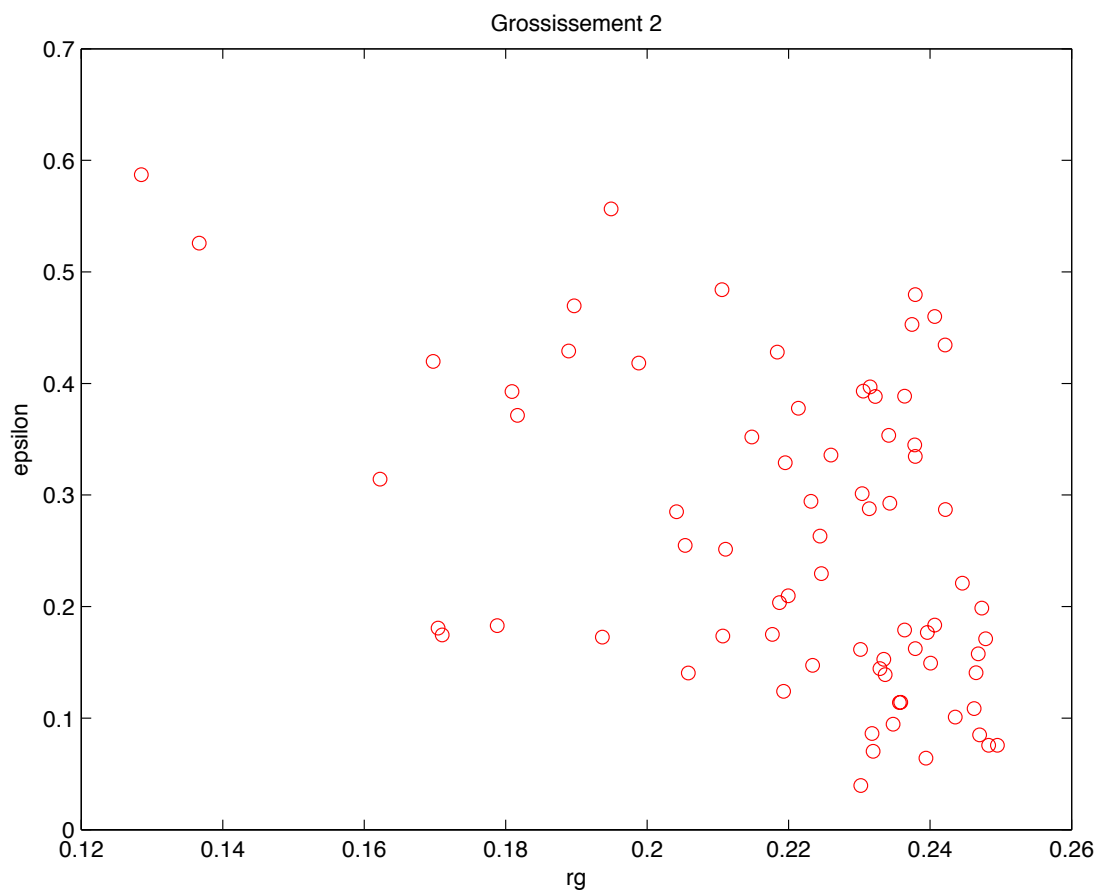
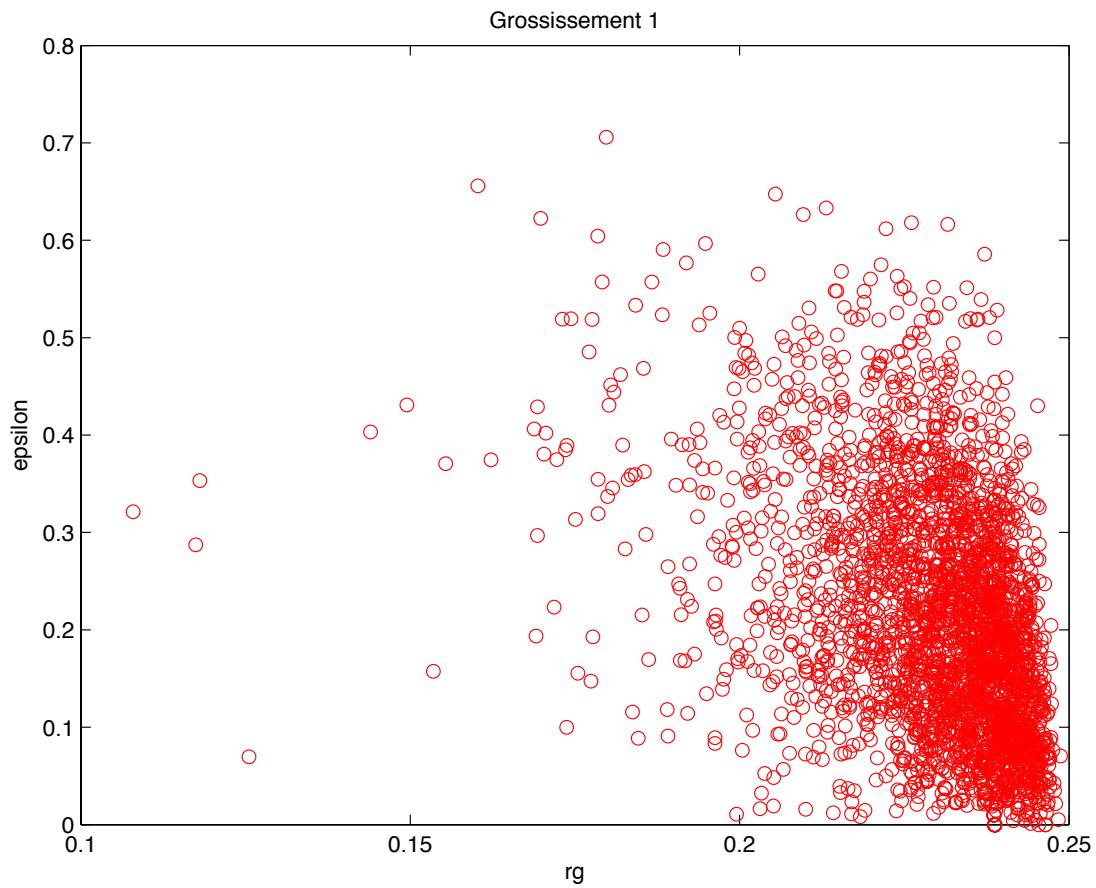
- le rapport d'aspect (aspect ratio)  $AR = \frac{b}{a}$ , où  $a$  et  $b$  sont respectivement les demi grand axe et demi petit axe de la projection 2D de la scorie. Si  $AR \rightarrow 0$ , alors l'objet est allongé, si  $AR \rightarrow 1$  alors l'objet est à tendance circulaire ;
- le coefficient d'élongation (élongation)  $\epsilon = \frac{a-b}{a+b}$  qui est similaire à l' $AR$  et pour lequel  $\epsilon \rightarrow 0$  signifie que l'objet est à tendance circulaire et  $\epsilon \rightarrow 1$  signifie que l'objet est allongé . Plus une vésicule est allongée et plus elle aura été déformée près des bords du conduit ;
- le facteur de forme (shape factor)  $SF = \frac{4\pi A}{p^2}$  avec  $A$  l'aire et  $p$  le périmètre du vésicule. Pour un cercle parfait,  $SF = 1$  ;
- afin d'estimer la prépondérance de l'influence de  $AR$  ou  $\epsilon$  par rapport à  $SF$  sur la déformation du vésicule on évalue un paramètre de régularité pour complètement décrire la forme du vésicule  $rg = \frac{A}{\pi ab}$ .

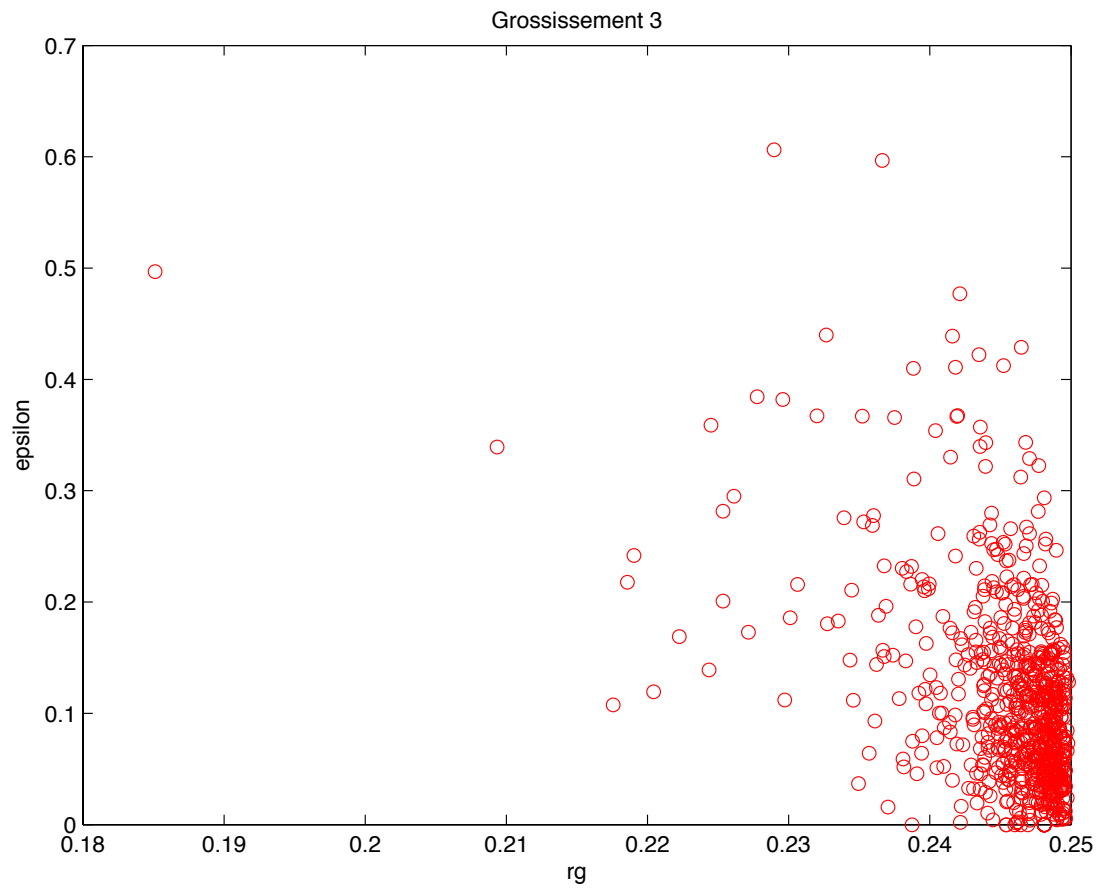
## II.2 Travail à faire

Calculez pour chaque grossissement les paramètres  $AR$ ,  $\epsilon$ ,  $SF$  et  $rg$ , et représentez les paramètres  $AR$ ,  $\epsilon$ ,  $SF$  en fonction de  $rg$  pour chaque grossissement. Comparez les gammes de valeurs obtenues pour chaque paramètre en fonction de leur grossissement.









w

