

CM3: erreur, incertitudes, biais, ...

**Savoir évaluer la qualité d'une mesure**

# Problématique

Question: Combien mesure .... bla bla  
bla?

La réponse est: 2

# Problématique

Oui mais:

La réponse est  $2 \pm 100$

Ou

La réponse est  $2 \pm 0.001$

# Vocabulaire

Les mots flous, à utiliser le moins possible:

- erreur, incertitude, accuracy, precision

Ce que l'on ne peut pas faire sur le terrain: somme des dérivées partielles

# Biais

- Biais (bias): différence (moyenne) entre une mesure (ou une série de mesure) et la réalité.

(Par extension, on peut définir le biais entre deux mesures ou série de mesures).

En pratique, partiellement inconnu sauf en métrologie (besoin d'une référence absolue)

# Biais

- En math: souvent la moyenne mais dépend de l'histogramme

# Dispersion

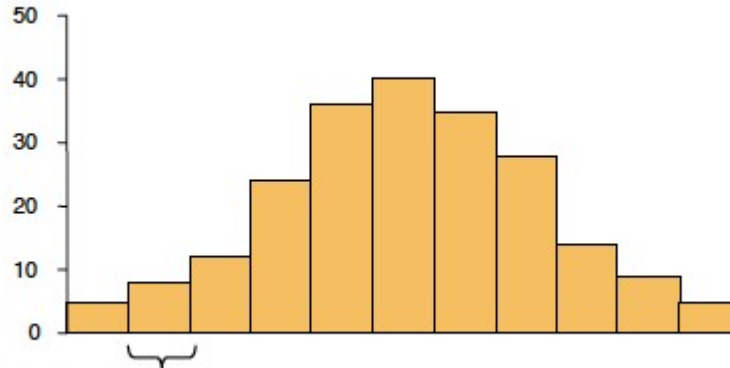
- Dispersion (standard deviation): écart-type, variabilité autour de la moyenne.

Synonyme: répétabilité

$$\sigma_X := \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \bar{x}^2},$$

# Mais tout dépend de l'histogramme.

*Axe des ordonnées :  
les effectifs par classe*

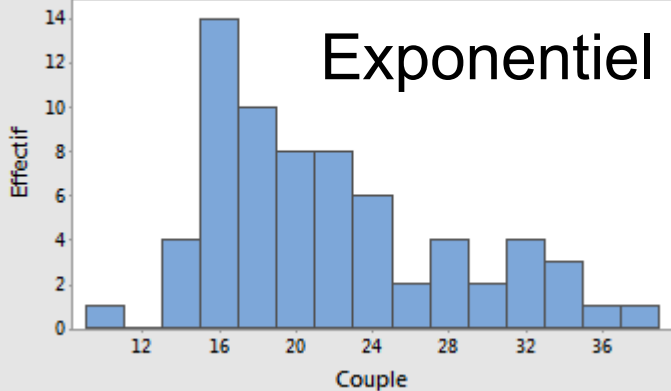


Gaussien

*Axe des abscisses :  
les classes*

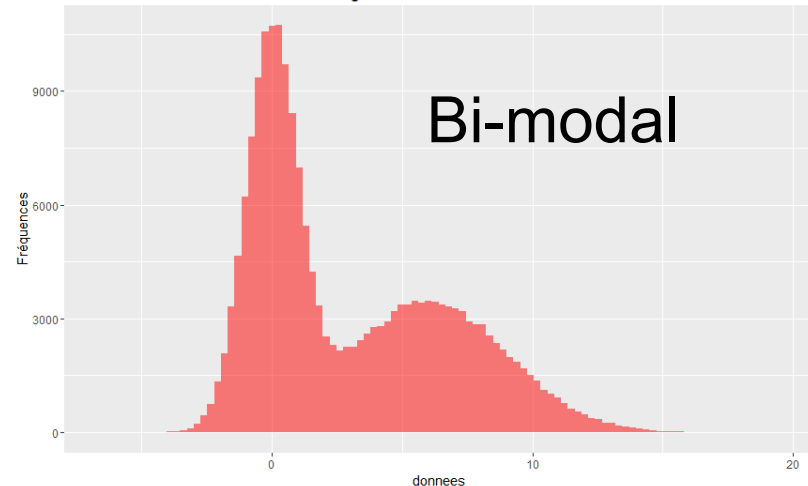
*Une classe*

Histogramme de Couple



Exponentiel

Histogramme avec 100 intervalles



Bi-modal

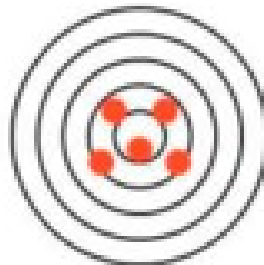


# Résolution

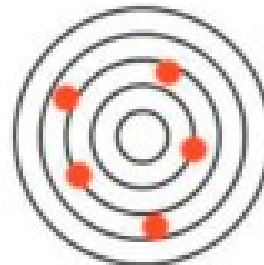
- Résolution: nombre de chiffres significatifs.

Mais: totalement indépendant des erreurs de mesure

# Récap



Estimation précise et non biaisée

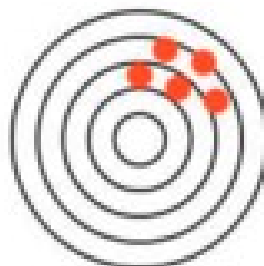


Estimation peu précise mais non biaisée

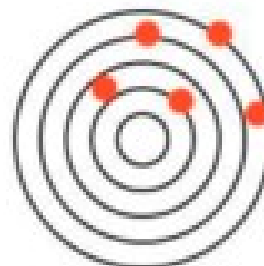


Déformation des faits due au hasard de l'échantillonnage :

erreur non systématique due au hasard  
(fluctuations d'échantillonnage)



Estimation précise mais biaisée



Estimation peu précise et biaisée



Déformation des faits due à un biais :

erreur systématique allant toujours dans le même sens (biais)

# **Lire une notice constructeur**

Mesure laser: précision 2mm + 2 ppm

répétabilité 0.1 mm + 2 ppm

# Attention !

Biais et dispersion ne sont pas forcément constants.

Ex.: Biais dépend de la longueur mesurée, du type de traitement, de l'utilisateur...

# En pratique

Précision affichée par le GPS de votre téléphone ?

Quelle est la précision d'une mesure de distance avec le GPS de votre téléphone ?

# En pratique

Une mesure de position avec le GPS en absolu (PPP).

# En pratique

Une mesure de position avec le GPS en doubles différences ou en relatif (ou “cinématique”).

Feature	Specification
<b>Code Differential GNSS Positioning<sup>2</sup></b>	
• Horizontal	0.25 m + 1 ppm RMS
• Vertical	0.50 m + 1 ppm RMS
• WAAS differential positioning <sup>3</sup>	Typically, <5 m 3DRMS
<b>Static GNSS Surveying<sup>2</sup></b>	
Baseline <30 km	
• Horizontal	3 mm + 0.1 ppm RMS
• Vertical	4 mm + 0.4 ppm RMS
Baseline >30 km	
• Horizontal	4 mm + 0 ppm RMS
• Vertical	9 mm + 0 ppm RMS
<b>Real Time Kinematic Surveying<sup>2, 4</sup></b>	
Single Baseline <30 km	
• Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
• Vertical	15 mm + 1 ppm RMS
Networked RTK <sup>5</sup>	
• Horizontal	8 mm + 0.5 ppm RMS
• Vertical	15 mm + 0.5 ppm RMS
Initialization time	Typically <10 seconds
Initialization reliability	Typically >99.9%
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. The internal battery will operate from -20 °C to +50 °C (-4 °F to +122 °F). The internal battery charger will operate from 0 °C to 40 °C (32 °F to 104 °F).</li> <li>2. Accuracy may be subject to degradation by multipath interference, obstructions, satellite geometry and atmospheric conditions. Always follow recommended survey practices.</li> <li>3. Depends on WAAS/EGNOS system performance.</li> <li>4. NetR9 limited to 1,000 m RTK baseline length.</li> <li>5. Networked RTK PPM values are referenced to the closest physical base station.</li> </ol>	



# Limiter les erreurs

En GPS:

En nivellement:

Avec les mesures LASER:

# Pour aller plus loin

Un bias (ou une dispersion) n'est pas forcément constant (dépendance à l'opérateur, au matériel, à la stratégie de mesure, de la fréquence, ...)

# Etude pratique

Tableau biais, incertitude GPS absolu,  
GPS différentiel, nivellement, station  
totale

# GNSS

Erreurs (mitigation):

- Masques (foret / bat.). Si possible au nord.
- Atmosphère/climat (même saison)
- Monumentation + lecture (choix repere)
- Erreur ++ avec distance

# Nivellement

Erreur (mitigation)

- erreur lecture (lecture double aveugle)
- atmosphère et sphéricité de la terre (niveau equidistant mire)
- boucle (ou entre deux références)

→ Pente du géoïde ?

# Pente du géoïde

0) A PRIORI:

1) On fait les mesures (N-S) sur une grande distance (100-500 m) tous les xx mètres.

**Station totale**

# A retenir

- Vocabulaire (biais, dispersion, résolution)
- Trouver la bonne question avant de chercher la réponse