

# Cours de Métrologie

## Mesurages, erreurs et incertitudes

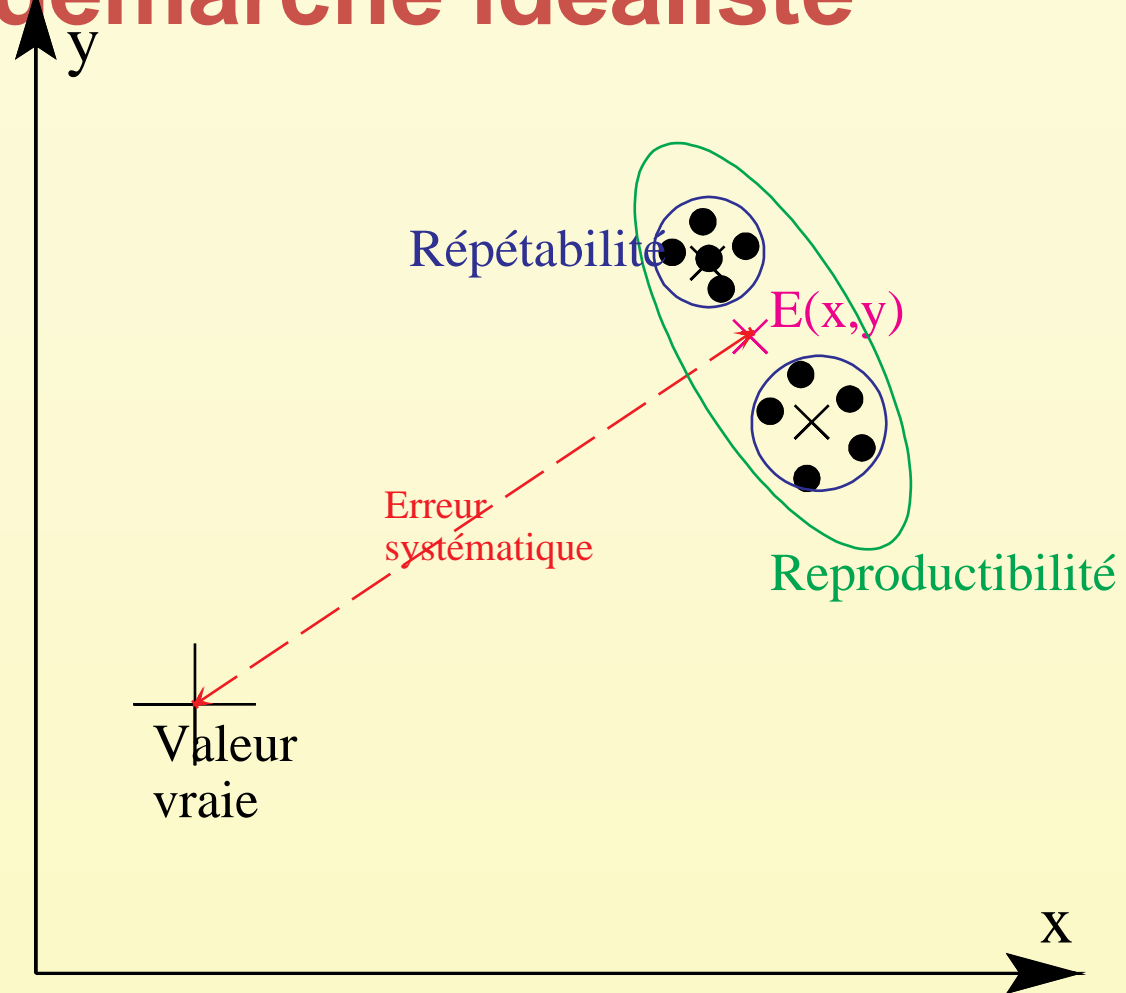
- **Toute mesure est entachée d'erreurs**
  - Erreurs et incertitudes
  - Définitions liées au résultat de mesure
  - Définition liées à l'appareil et à la méthode de mesure
  - La recherche des sources d'erreurs
- **Evaluation des incertitudes de mesures**
  - Deux types d'incertitudes
    - » Type A ; Type B
  - Outils statistiques

# Mesurage

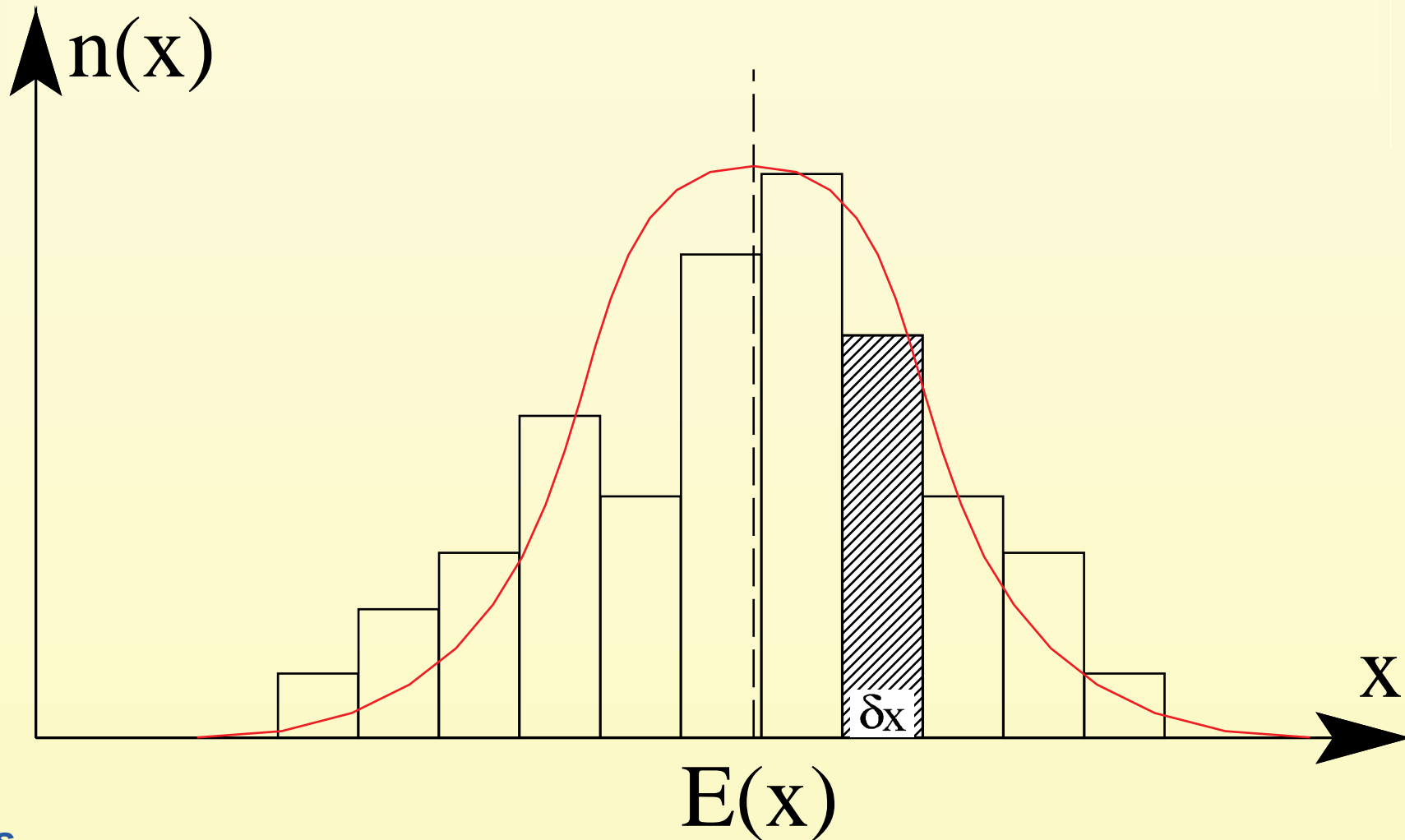
- Ensemble des opérations permettant de mesurer une grandeur physique (**mesurande**)
- Lors d'un mesurage, souvent une ou plusieurs grandeurs modifient le résultat alors qu'elles ne sont pas l'objet du mesurage, ce sont les **grandeurs d'influence**.
  - la température dans la longueur d'une pièce métallique
- **Méthode directe :**
  - La valeur du mesurande est obtenue directement par lecture d'un appareil (une longueur avec une règle graduée)
- **Méthode indirecte :**
  - La valeur du mesurande est fonction d'autres mesures

# Le mesurage : une démarche idéaliste

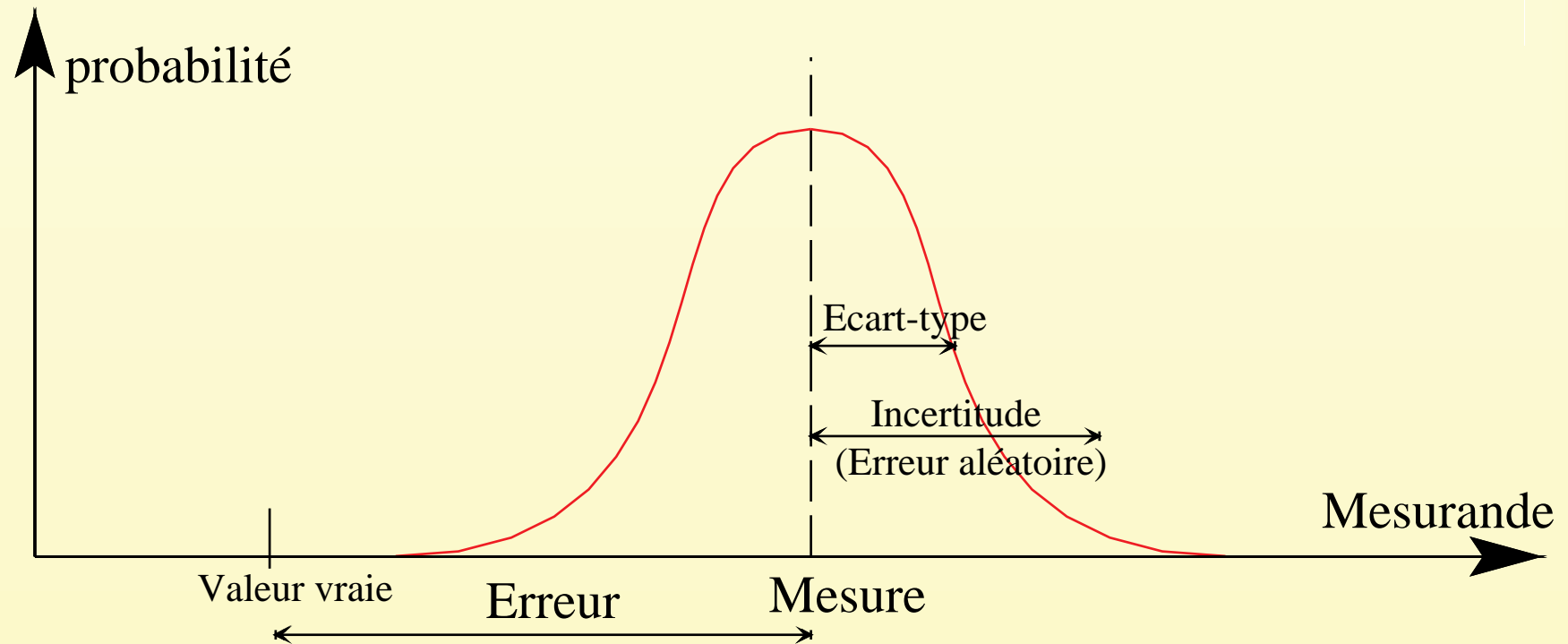
- La valeur vraie est inconnaisable



# Mesurage d'une seule mesurande



# Définitions liées à la mesure



## Définitions liées à la mesure

- **Erreur** : Ecart d'une mesure à la valeur vraie
- **Incertitude (U)** : Ecart probable d'une mesure donnée à une valeur supposée vraie.
- **Incertitude-type (u) ~ écart-type ( $\sigma$ )** : fondement statistique de l'incertitude
- **Variance** : écart-type au carré. Seules les variances peuvent être ajoutées.
- **Coefficient d'élargissement** : k (par défaut k=2)
- **Incertitude élargie** :  $U = k u$
- **Intervalle de confiance** :  $2U$ , contient la plupart des résultats de mesure.
- **Tolérance** : Limites aux variations d'une grandeur

# L'incertitude U

- **Paramètre associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande**

**Ce paramètre peut être :**

- Un écart-type statistique
- Un multiple d'écart-type
- La demi-largeur d'un intervalle de confiance déterminée

- Incertitude absolue  $U_x$  : A la même unité que X
- Incertitude relative  $U_r = U_x/X$  : Sans dimension (%)

# Présentation d'une mesure avec son incertitude

$$(X \pm U_x) \text{ (unité)}$$

$U_x$  : L'incertitude absolue a la même unité que X

$U_r = U_x/X$  : L'incertitude relative est sans dimension (%)

$U_x$  a au plus deux chiffres significatifs.

$U_x$  est toujours arrondi par valeur supérieure.

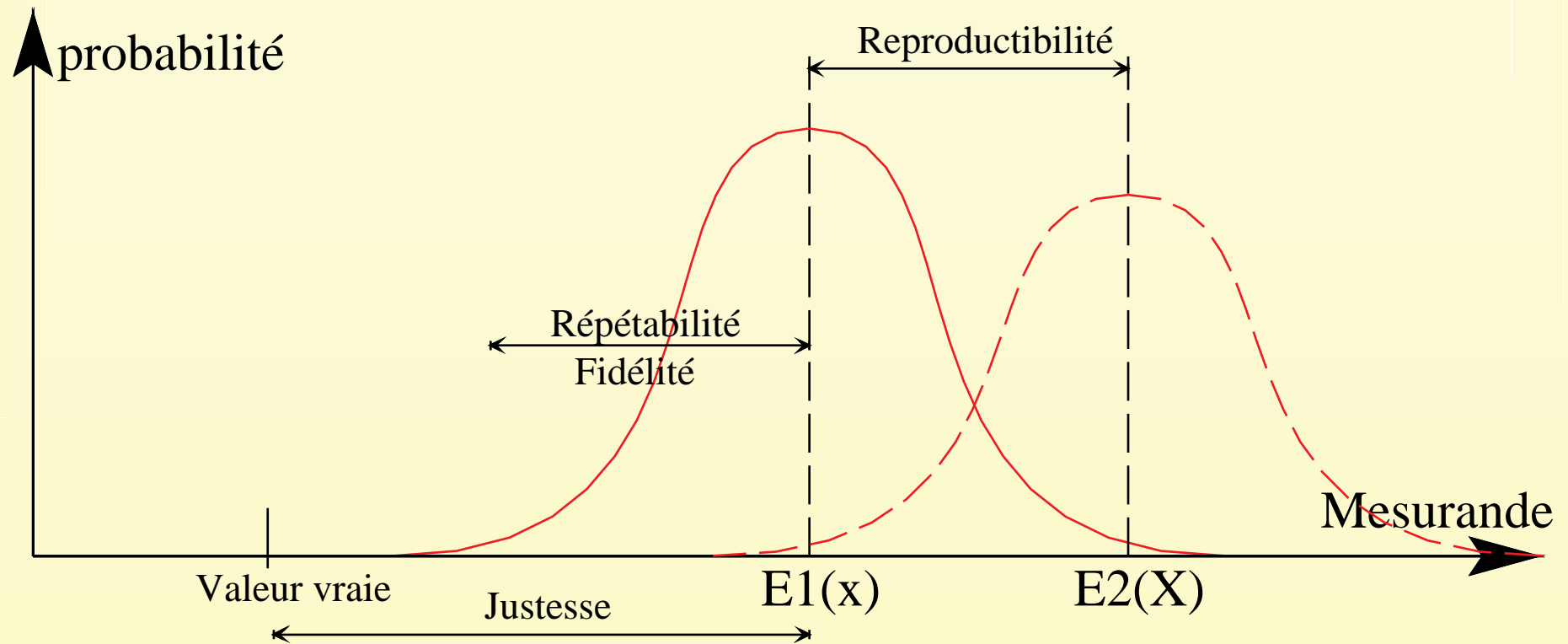
**[NE JAMAIS SOUS-ESTIMER UNE INCERTITUDE]**

Le dernier chiffre significatif de X a le même rang que celui de  $U_x$ .

$$L = (35,201 \pm 0,010) \text{ m}$$



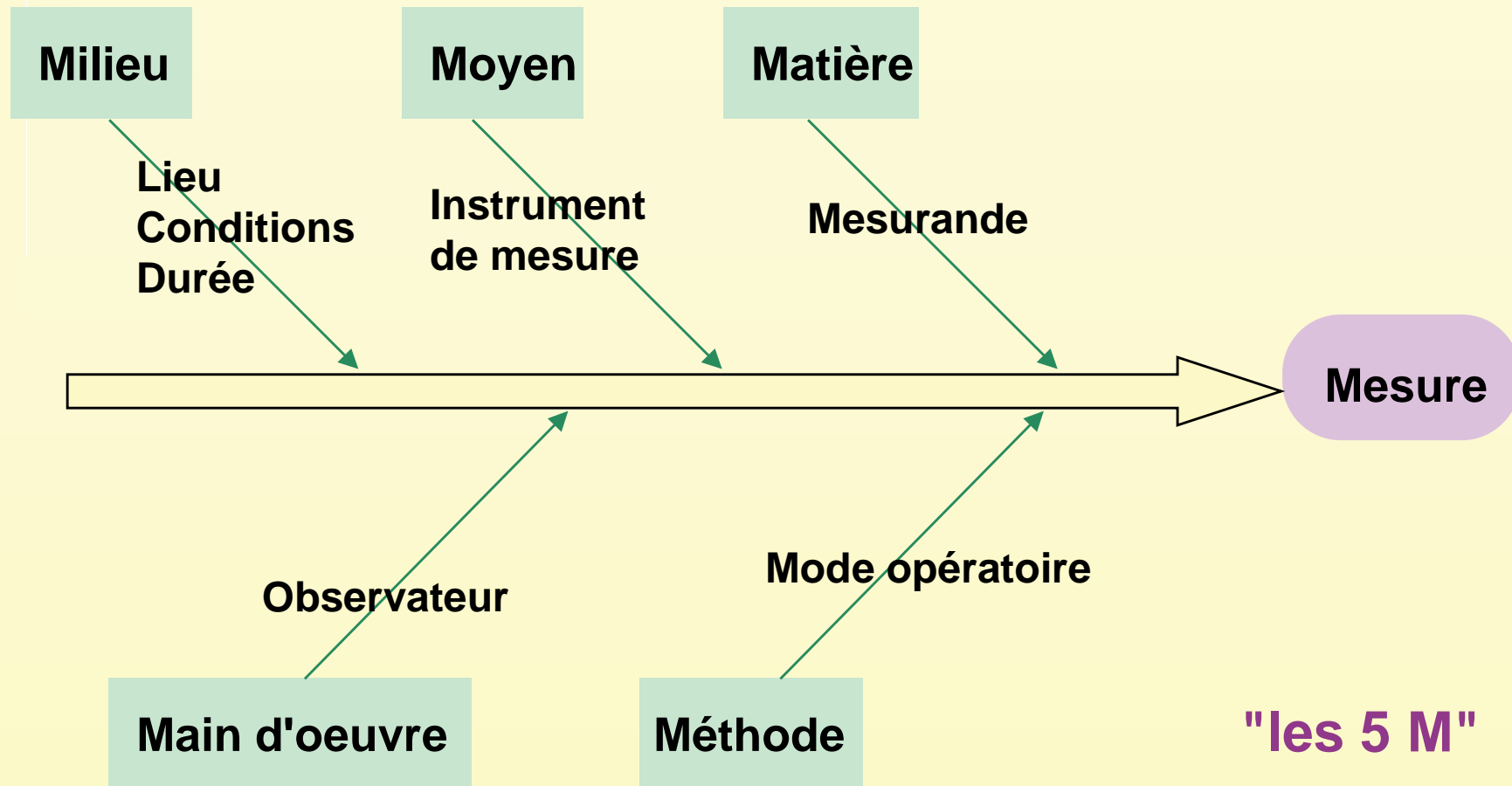
# Définitions liées aux appareils et à la méthode de mesure



# Définitions liées aux appareils et à la méthode de mesure

- **Calibre** : étendue de mesure d'un appareil dans une position donnée
- **Résolution** : plus petite unité mesurable dans un calibre
- **Seuil de Mobilité** : plus grande variation d'entrée qui ne produit pas de variation de la sortie
- **Sensibilité** : "pente" ou "gain" de l'appareil
- **Justesse** : Aptitude à ne pas faire d'erreur systématique
- **Exactitude** : Etroitesse de l'accord d'une mesure avec une "valeur vraie" (étalon)
- **Répétabilité d'une méthode** : Etroitesse de l'accord entre les résultats de mesurages successifs (Fidélité d'un appareil)
- **Reproductibilité** : Etroitesse de l'accord entre les résultats de mesurages non successifs

# Recherche des causes d'erreurs

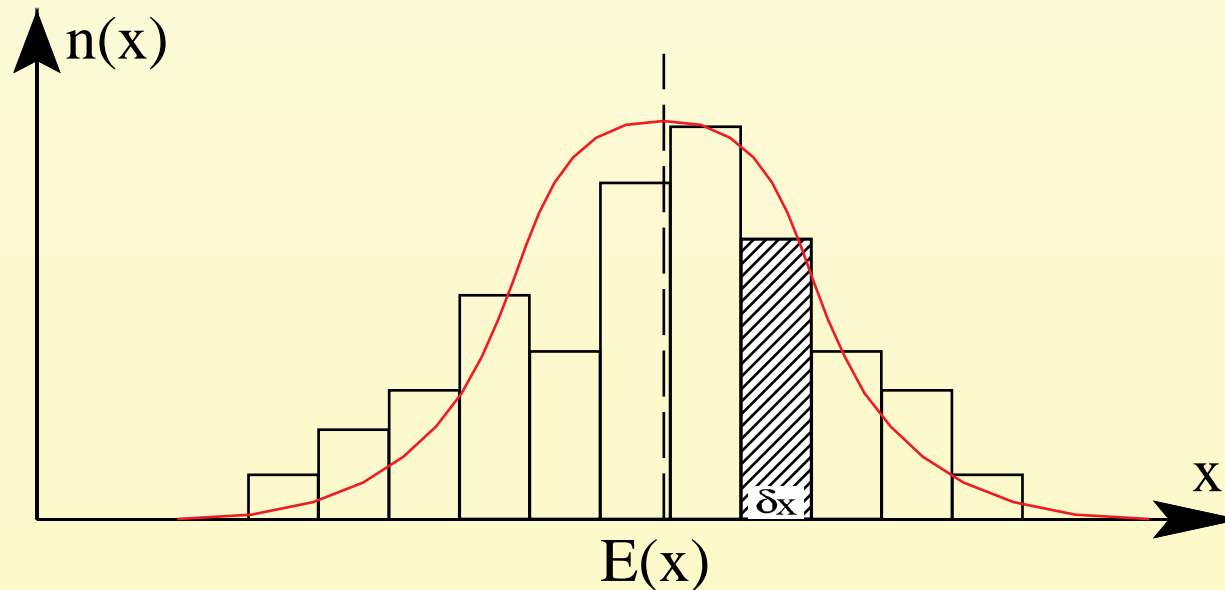


# Les deux types d'incertitude

- Distinction établie par le BIPM, d'après la méthode utilisée pour estimer leur valeur.
- Incertitude de type A
  - Approche statistique globale :  
n mesurages,  
la moyenne  $E(x)$  est le résultat de la mesure,  
l'écart-type est l'incertitude  $u_x$
- Incertitude de type B
  - Un seul mesurage donne la mesure, puis  
approche analytique des sources d'incertitudes :  
conditions de mesures, étalonnage des appareils,  
**implique la compréhension de la physique du mesurage**

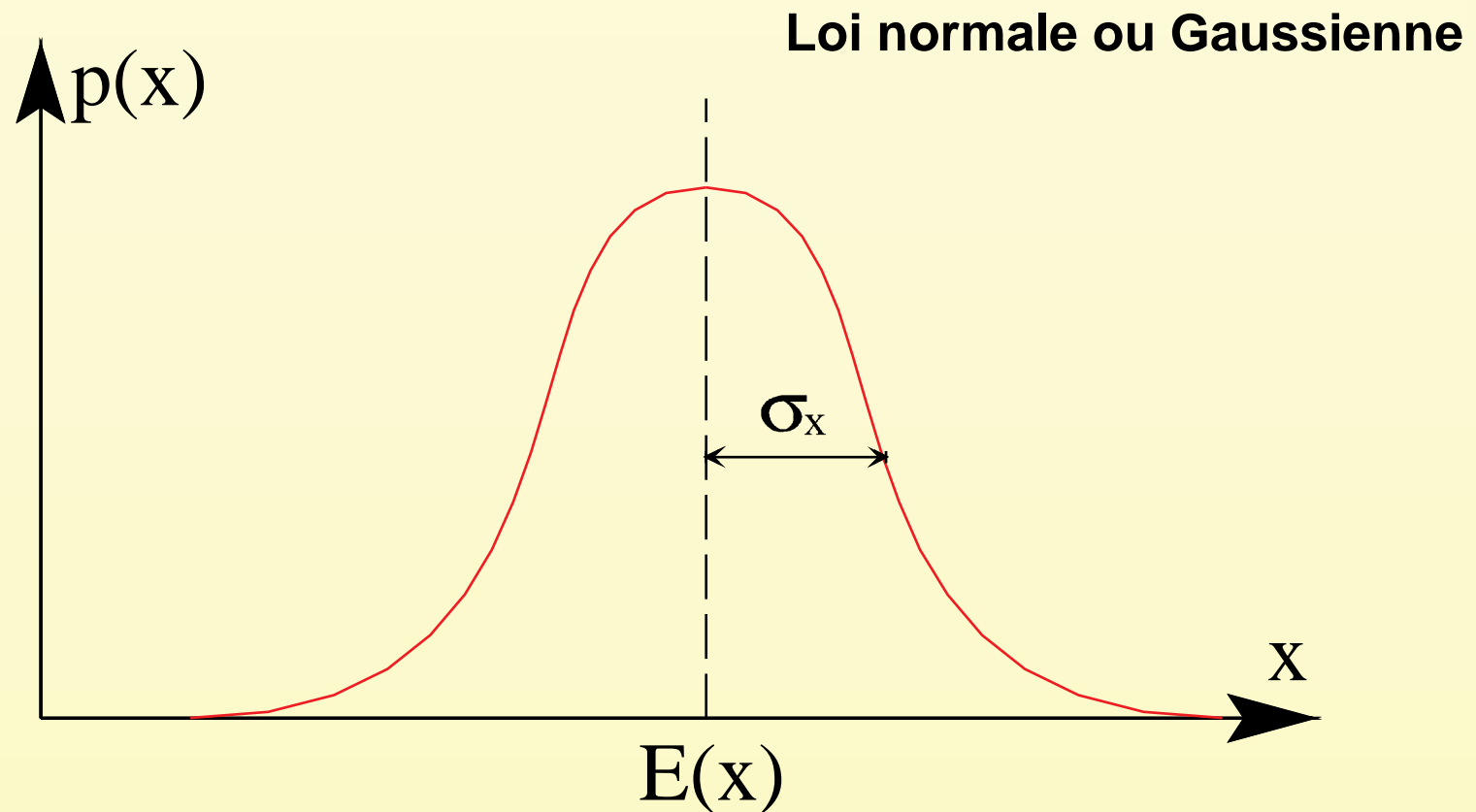
# Notions essentielles et outils de statistique

- Soit une série de  $n$  mesurages répétés.
  - $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n$

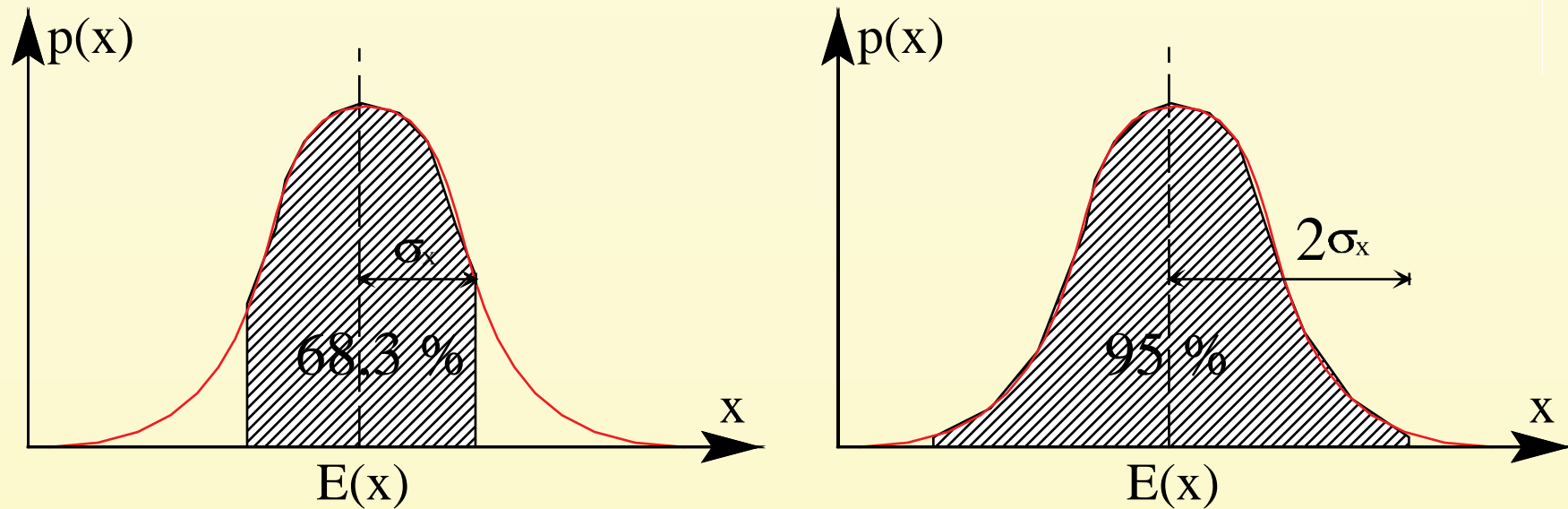


Idéalement,  $n$  tend vers l'infini. Pratiquement, nous avons un échantillon

# Statistiques et Probabilités



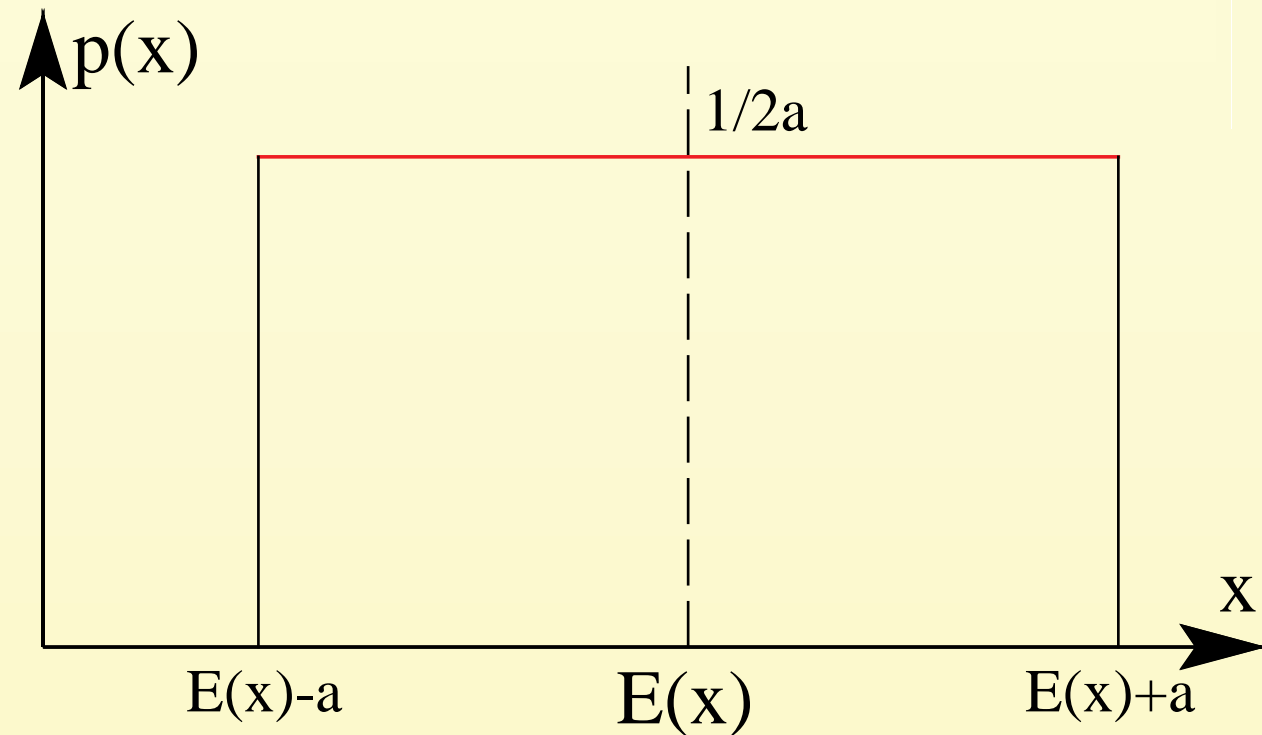
# Intervalle de confiance



- Dans la plupart des cas,  $U = u_x$  ne peut convenir

# Distribution rectangulaire ou uniforme

- $u = a/\sqrt{3}$

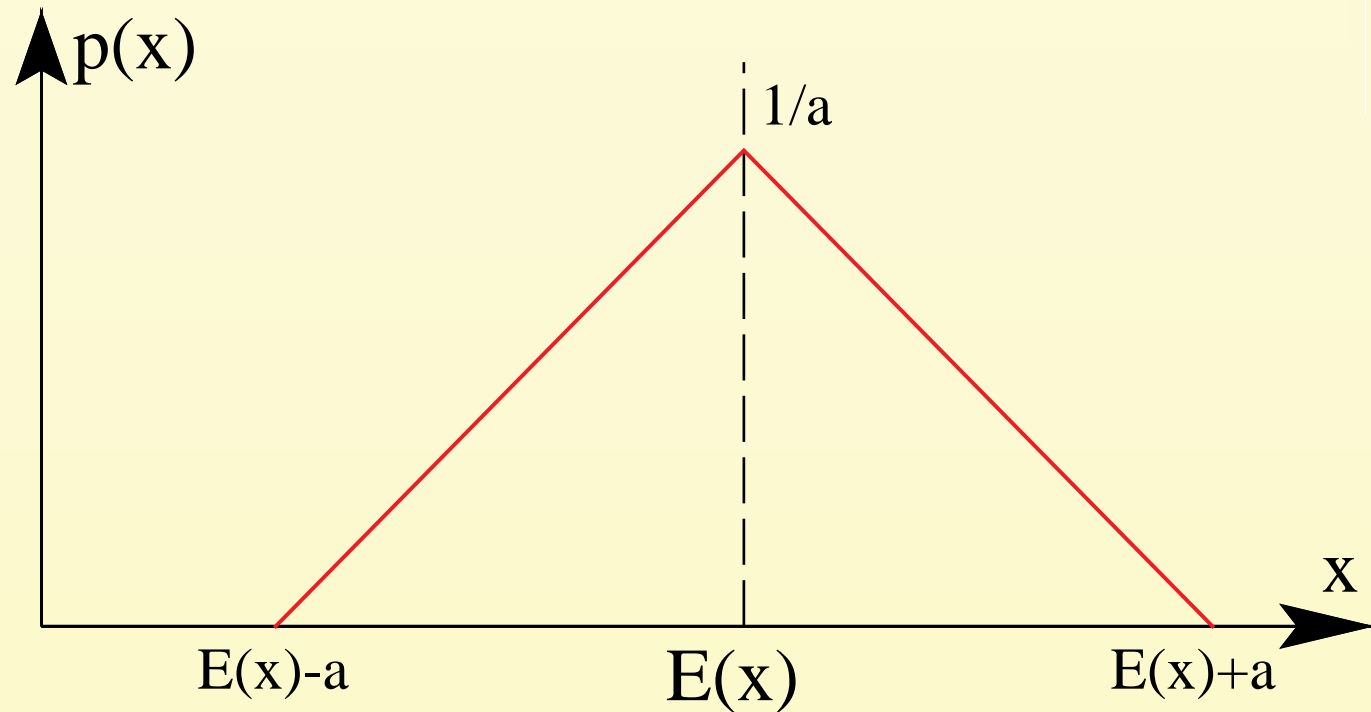


Afficheur numérique  
Etalonnage statistique



# Distribution triangulaire

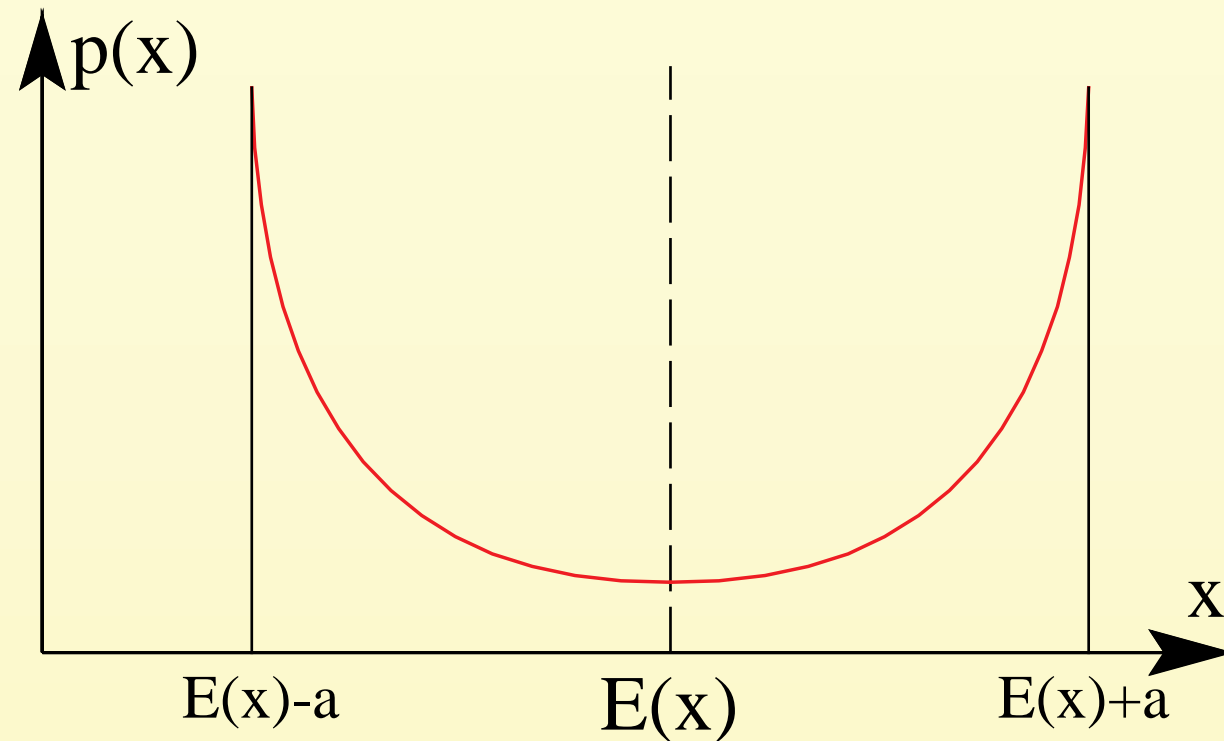
- $u = a/\sqrt{6}$



**Parallélisme**  
**Vidage d'une fiole étalonnée**

# Distribution arcsinus

- $u = a/\sqrt{2}$



Perturbations périodiques