

# Une méthode de calibration non paramétrique pour les calorimètres de CMS

Samuel Niang

25 août 2017



## 1 Introduction

- Contexte
- Production de l'échantillon

## 2 Méthodes de calibrations proposées

- Calibration par régression linéaire
- Méthode non paramétrique binée
- Moyenne pondérée
- Nettoyage gaussien
- Fit gaussien

## 3 Comparaisons et résultats

## 4 Conclusion

# CMS

- Découverte du boson de Higgs en 2012
- Recherche de nouvelle physique au-delà du modèle standard
- utilisation de détecteurs
- Comment fonctionne CMS ?

# Détecteur

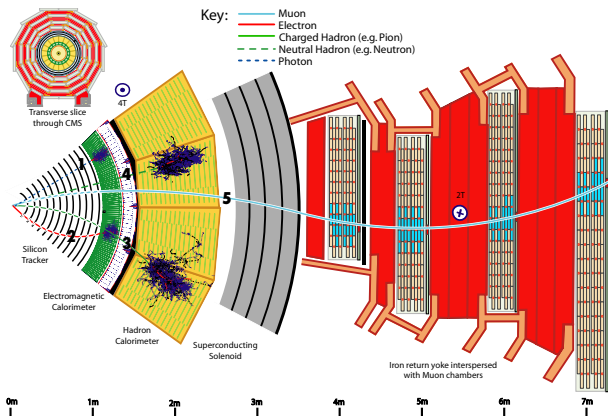


Figure – Une esquisse des interactions spécifiques des particules dans une tranche transversale du détecteur CMS.

# Problématique

**Il nous faut connaître l'énergie ( $E_{\text{true}}$ ) des particules qui entrent dans le détecteur**

- $E_{\text{true}} \neq E_{\text{ecal}} + E_{\text{hcal}}$
- non linéarité des calorimètres ECAL, HCAL
- besoin d'une calibration  $E_{\text{calib}} = f(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

On souhaite une calibration :

- $E_{\text{calib}}$  le plus proche possible de  $E_{\text{true}}$
- Calibration non paramétrique

**Utilisation de particules simulées**

## Illustration de particules simulées

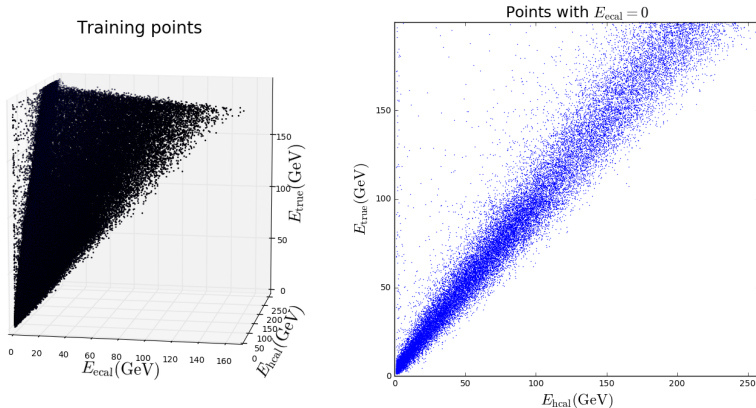


Figure – Énergie vraie  $E_{true}$  en fonction de l'énergie mesurée dans le ECAL,  $E_{ecal} \neq 0$ , et de l'énergie mesurée dans le HCAL.

# Limitation

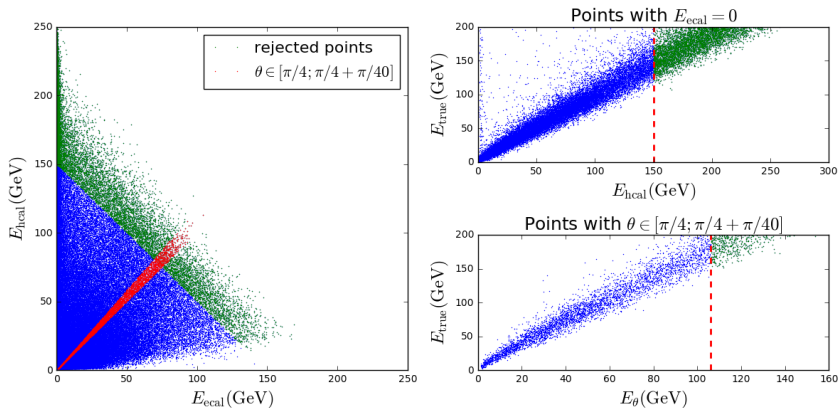


Figure – On place une limite à  $E_{ecal} + E_{ecal} = 150$

# La régression linéaire

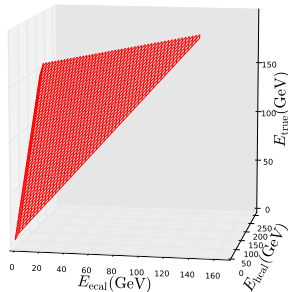
Modèle paramétrique :

$$E_{\text{calib}} = a_1 E_{\text{ecal}} + a_2 E_{\text{hcal}} + b \quad (1)$$

Minimisation de :

$$\epsilon = \sum_{n=1}^N (E_{\text{true}} - a_1 E_{\text{ecal}} - a_2 E_{\text{hcal}} - b)^2 \quad (2)$$

Calibration surface





# La régression linéaire

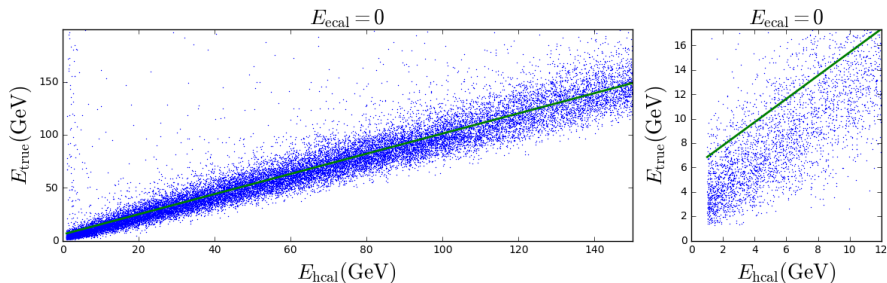


Figure – Courbe de calibration dans le plan  $E_{ecal} = 0$ .

## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

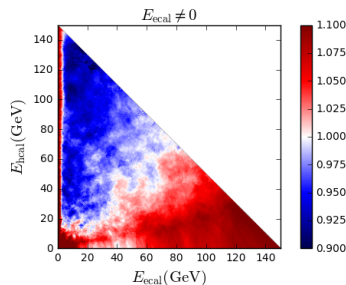
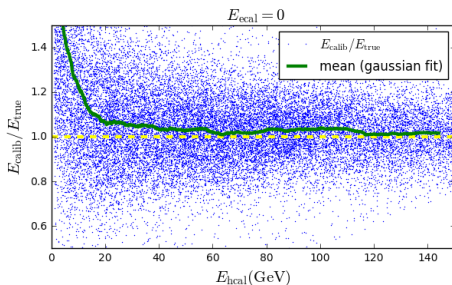


Figure –  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$  en fonction de  $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $E_{\text{true}}$

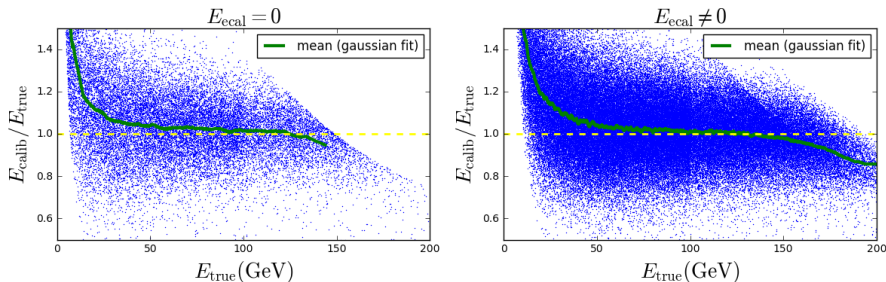


Figure – Distribution en fonction des  $E_{\text{true}}$  des  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$

# La régression linéaire

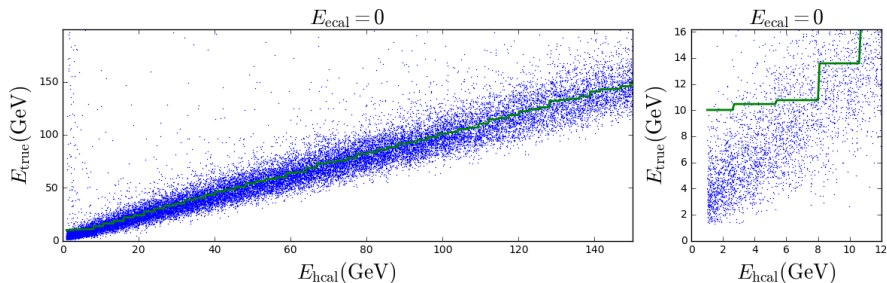


Figure – Courbe de calibration dans le plan  $E_{ecal} = 0$ .

## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $E_{\text{true}}$

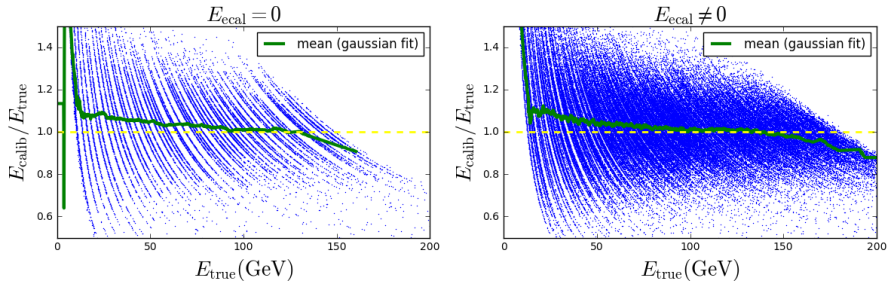


Figure – Distribution en fonction des  $E_{\text{true}}$  des  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ . Nous voyons clairement l'apparition d'une structure, liée au caractère biné de la méthode.

## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

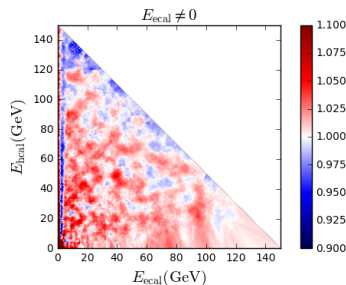
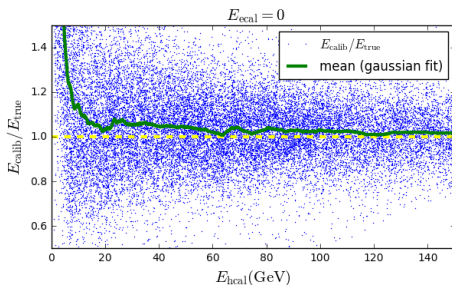


Figure –  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$  en fonction de  $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

# La régression linéaire

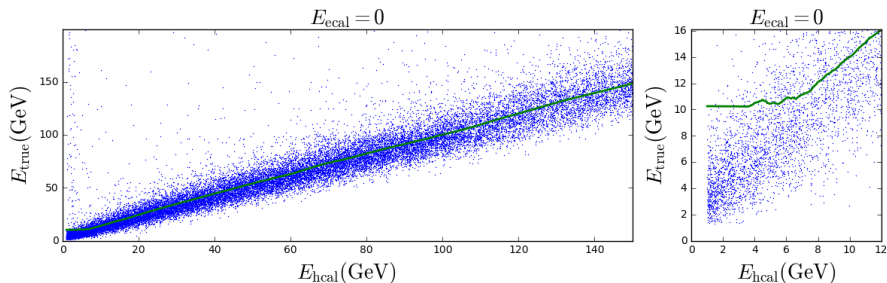


Figure – Courbe de calibration dans le plan  $E_{ecal} = 0$ .

## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

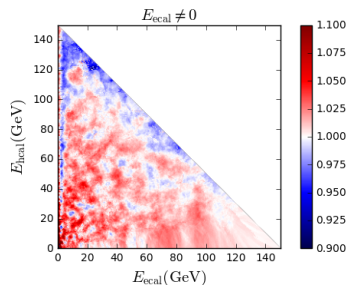
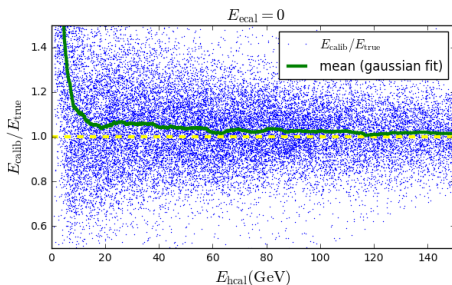


Figure –  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$  en fonction de  $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$



## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $E_{\text{true}}$

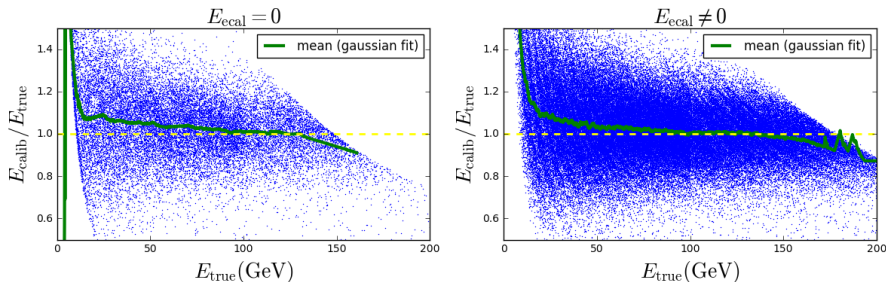


Figure – Distribution en fonction des  $E_{\text{true}}$  des  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$

# La régression linéaire

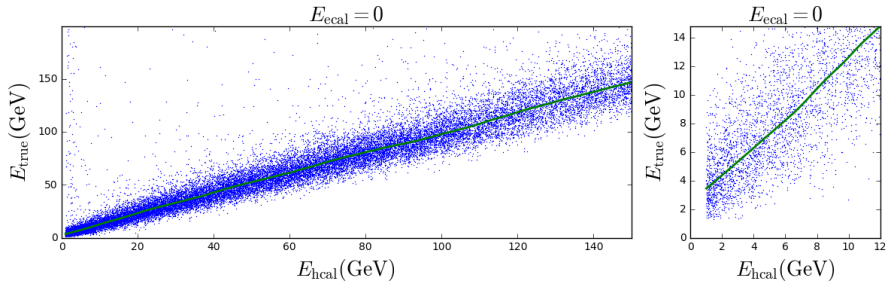


Figure – Courbe de calibration dans le plan  $E_{ecal} = 0$ .

# $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

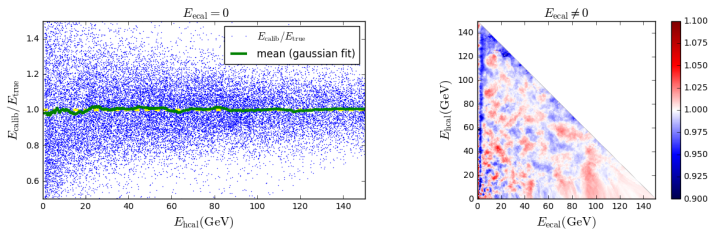


Figure –  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$  en fonction de  $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $E_{\text{true}}$

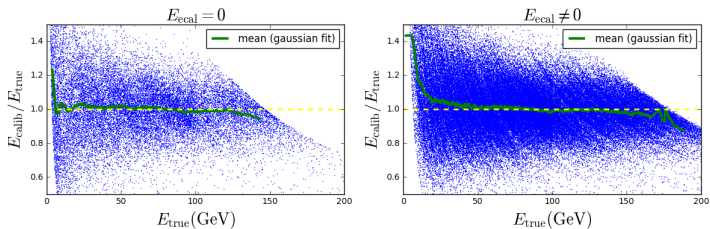


Figure – Distribution en fonction des  $E_{\text{true}}$  des  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$

# La régression linéaire

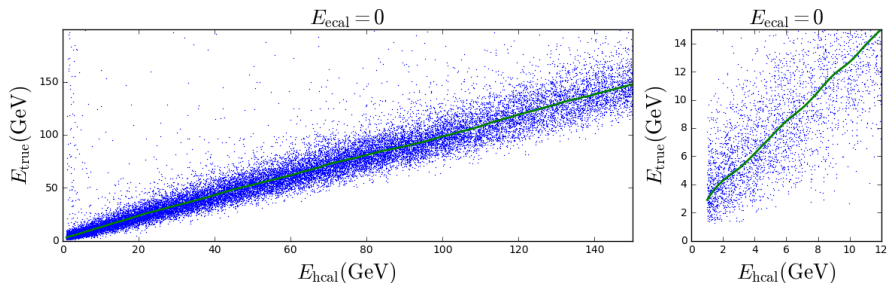


Figure – Courbe de calibration dans le plan  $E_{ecal} = 0$ .

## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $E_{\text{true}}$

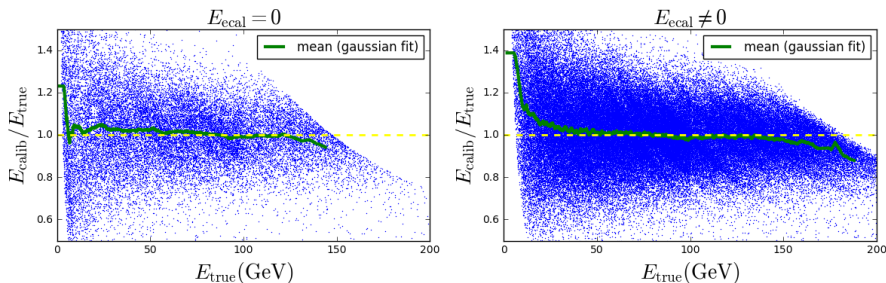


Figure – Distribution en fonction des  $E_{\text{true}}$  des  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$

## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ en fonction de $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

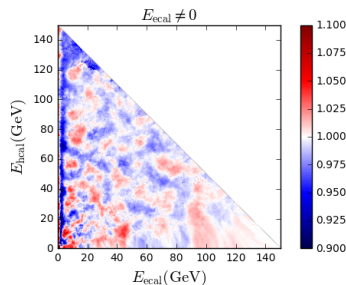
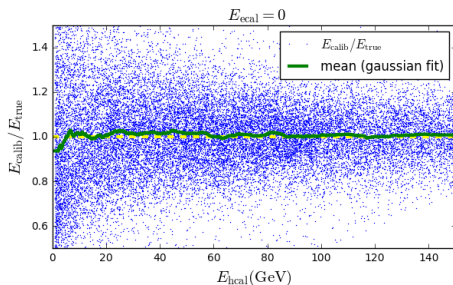
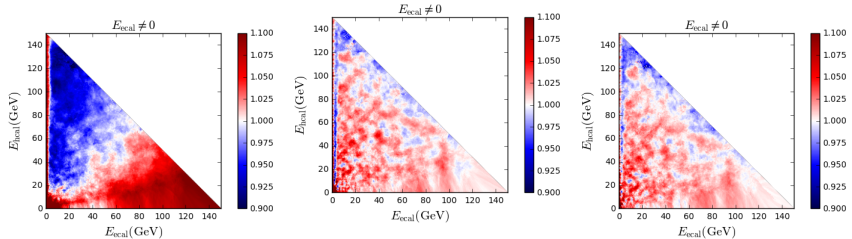


Figure –  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$  en fonction de  $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

# $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ moyens en fonction de $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$

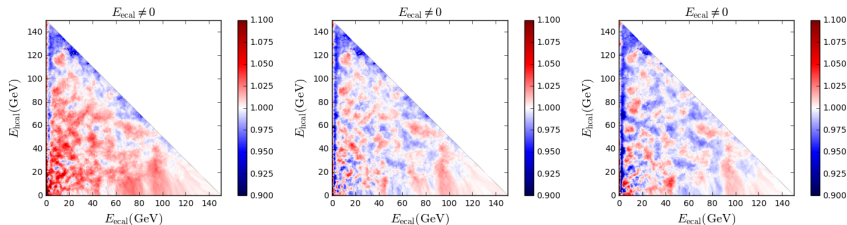


- (a) Régression linéaire      (b) Méthode non paramétrique binée      (c) Plus proches voisins

Figure – Chaque pixel correspond à la moyenne d'un fit gaussien de points  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$  proches des coordonnées du pixel pour les particules qui interagissent avec le ECAL et le HCAL.



## $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ moyens en fonction de $(E_{\text{ecal}}, E_{\text{hcal}})$



- (a) Plus proches voisins - Moyenne pondérée    (b) Plus proches voisins - Nettoyage gaussien    (c) Plus proches voisins - Fit gaussien

Figure – Chaque pixel correspond à la moyenne d'un fit gaussien de points  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$  proches des coordonnées du pixel pour les particules qui interagissent avec le ECAL et le HCAL.

# $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$ moyens en fonction de $E_{\text{true}}$

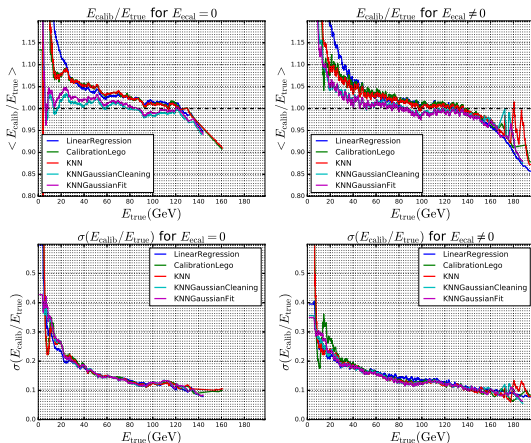


Figure –  $E_{\text{calib}}/E_{\text{true}}$  moyens en fonction de  $E_{\text{true}}$  dans les cas  $E_{\text{ecal}} = 0$  et  $\sigma$  du fit gaussien correspondant.

# Conclusion

