

Mesure de la largeur du boson de Higgs et recherche d'un second boson de Higgs de basse masse au LHC

Candidature à l'École Doctorale PHAST de Lyon



PHAST
PHYSIQUE
ET ASTROPHYSIQUE
UNIVERSITÉ DE LYON

ÉCOLE
DOCTORALE
— 52 —



**ÉCOLE UNIVERSITAIRE
DE PHYSIQUE ET D'INGÉNIERIE**
Université Clermont Auvergne

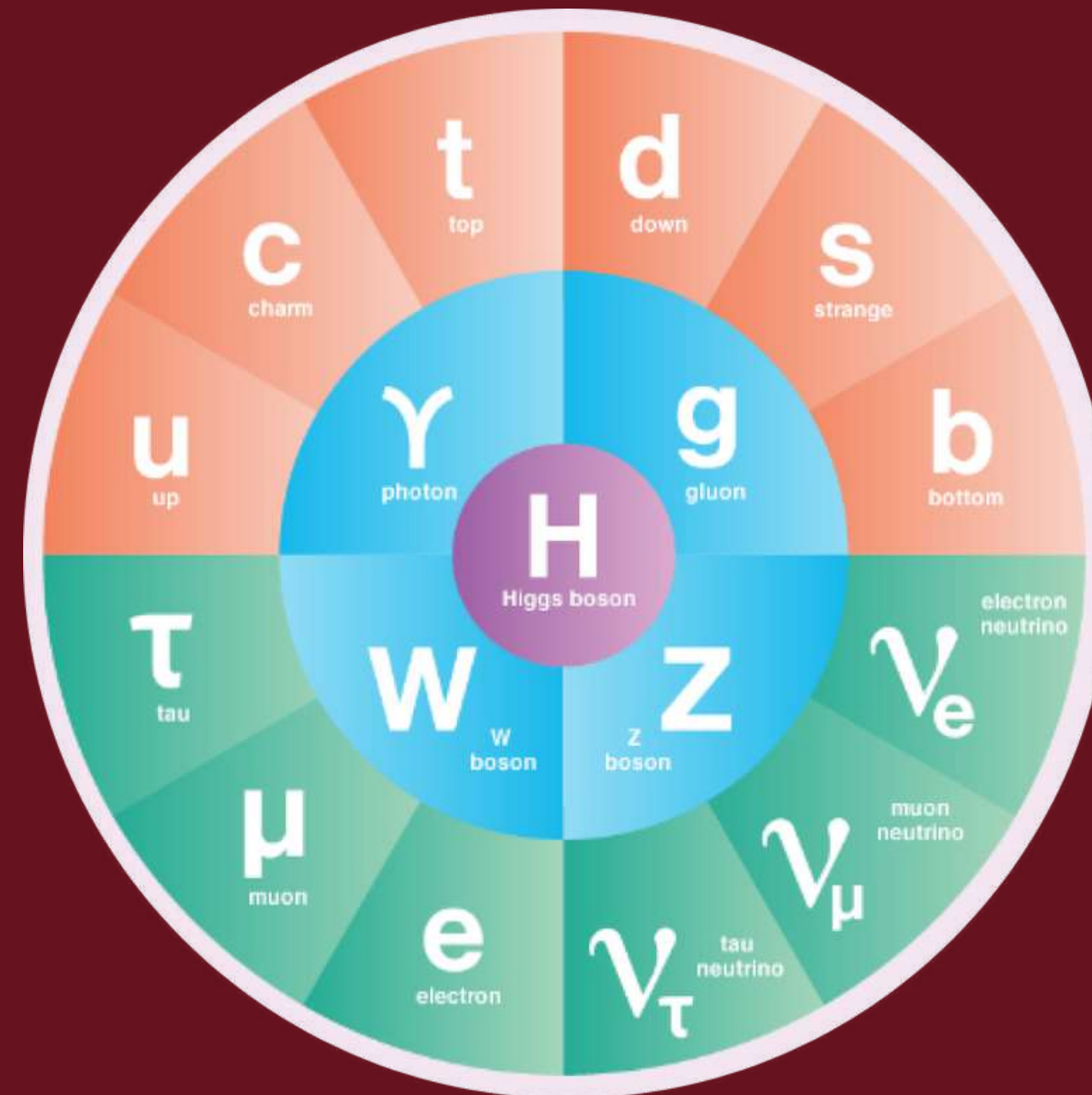
Alejandro O. Salinas Delgado

M2 PHYSIQUE FONDAMENTALE:
“UNIVERS ET PARTICULES”

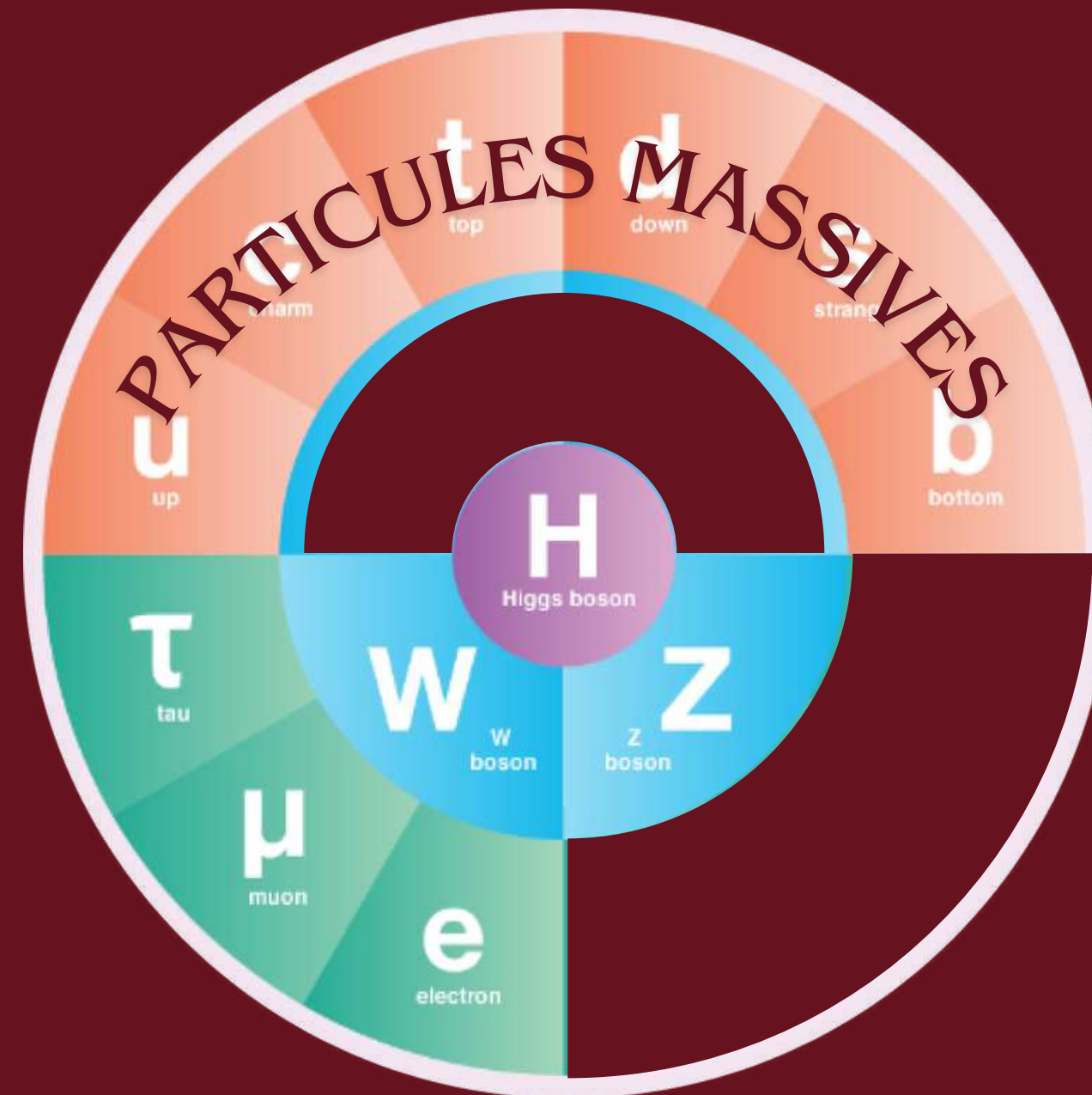


Superviseuse: Susan M. Gascon-Shotkin

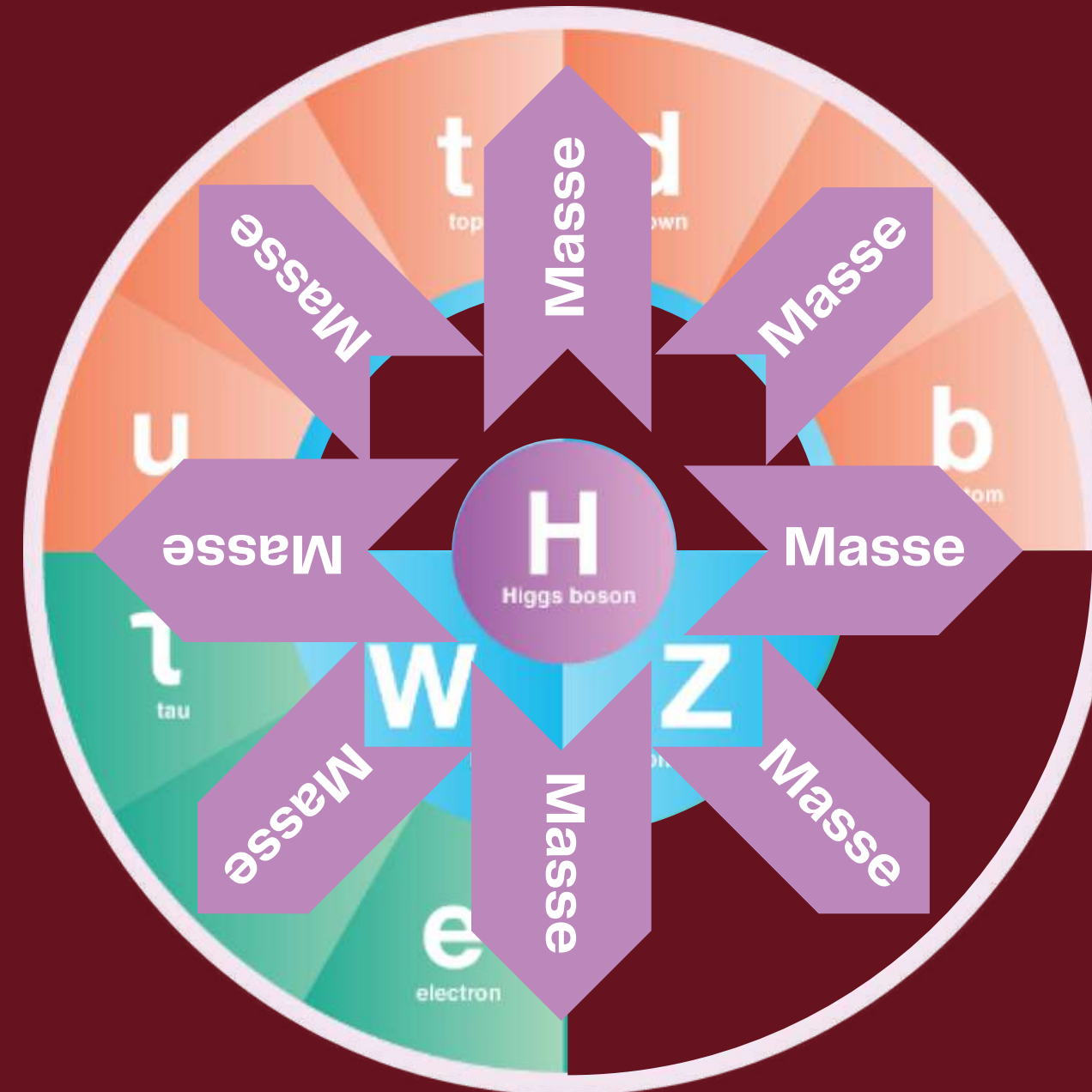
Modèle Standard



Modèle Standard

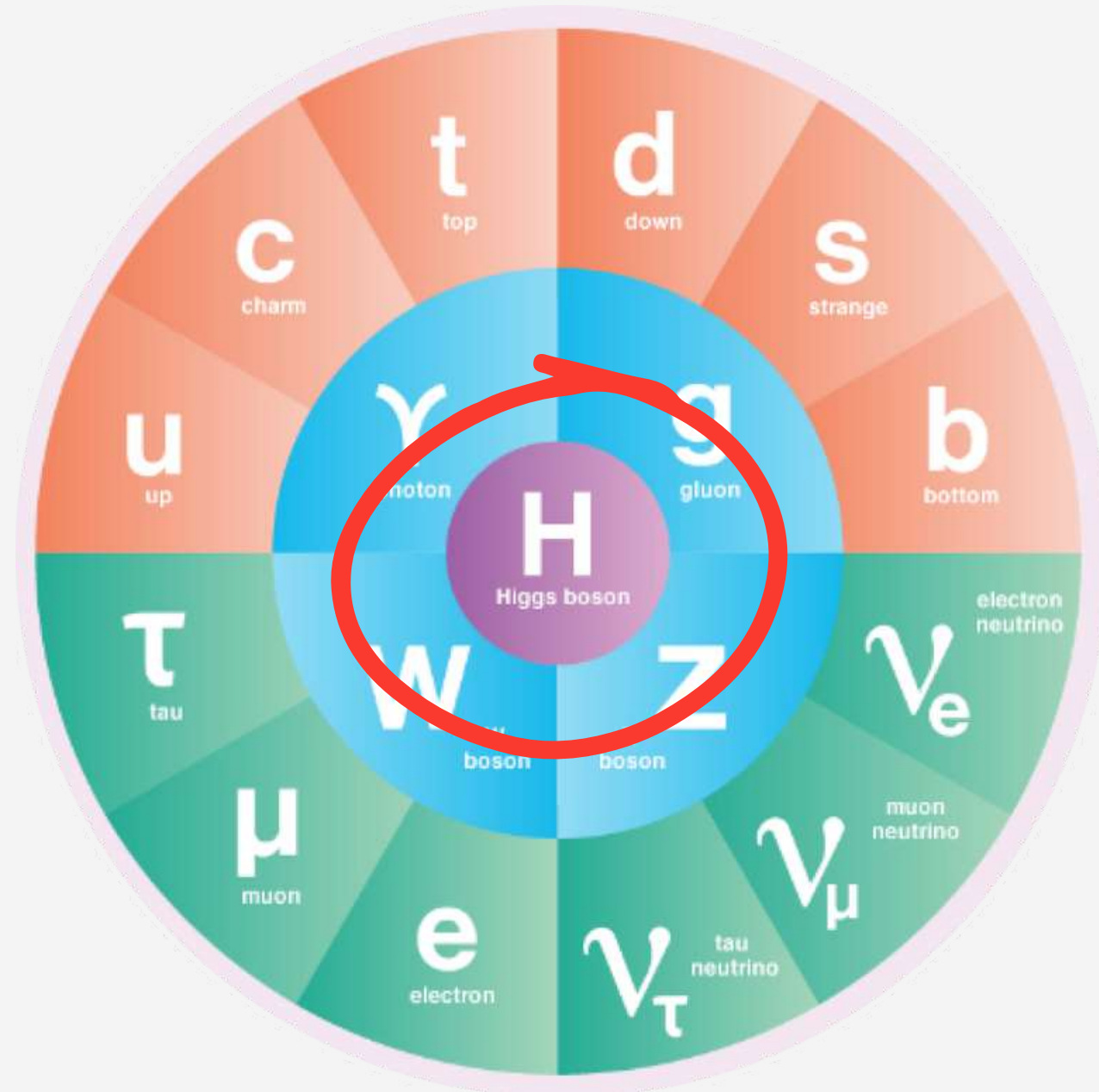


Modèle Standard



2012: Une découverte

HIGGS BOSON



**H(125)
du
Modèle Standard**

**Masse mesurée du
H(125)**
 $m_H \sim 125 \text{ GeV}$

Temps de vie du H(125)

$$\tau_H = \frac{1}{\Gamma_H} \approx 1,6 \times 10^{-22} \text{ s}$$

Largeur du H(125)

$$\Gamma_H(m_H) \sim 0.004 \text{ GeV}$$

LHC au CERN

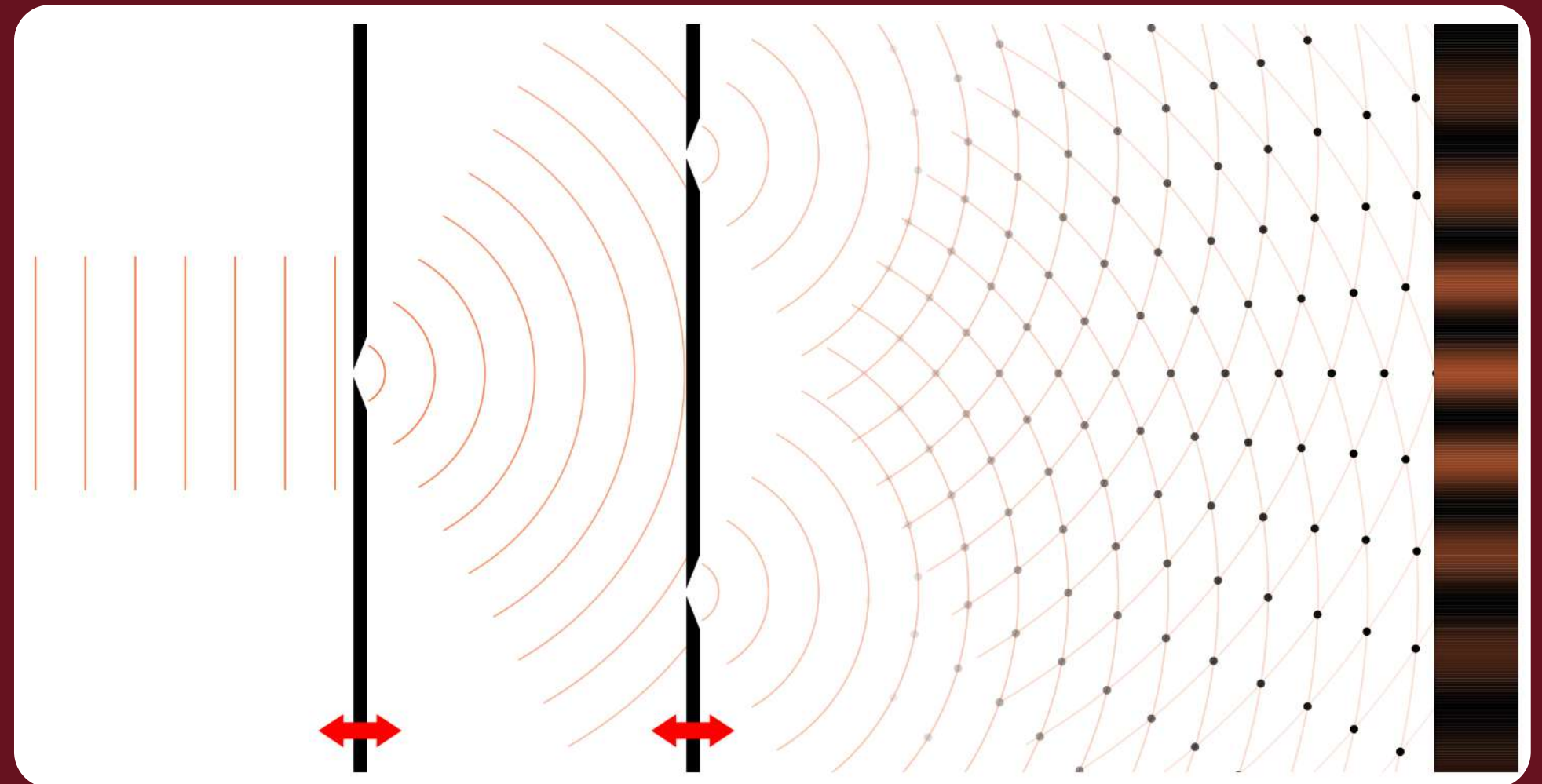


Source: Photographies CERN

Ondes– Particules: Interférométrie

Les particules se comportent aussi comme des ondes!

Ce n'est qu'à travers la mesure qu'on peut apprécier un aspect ou l'autre de celles-ci.

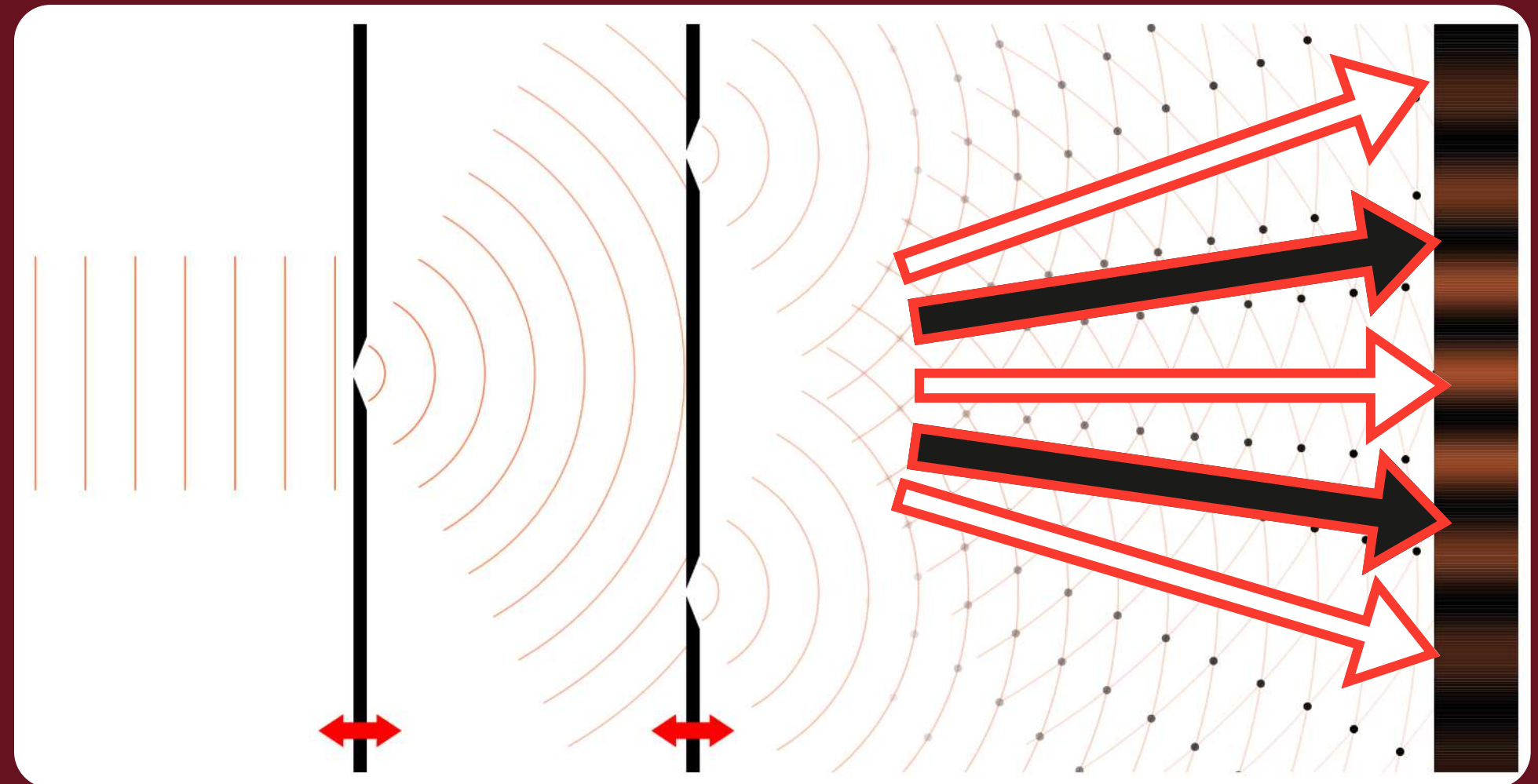


Ondes– Particules: Interférométrie

Interférence
destructive

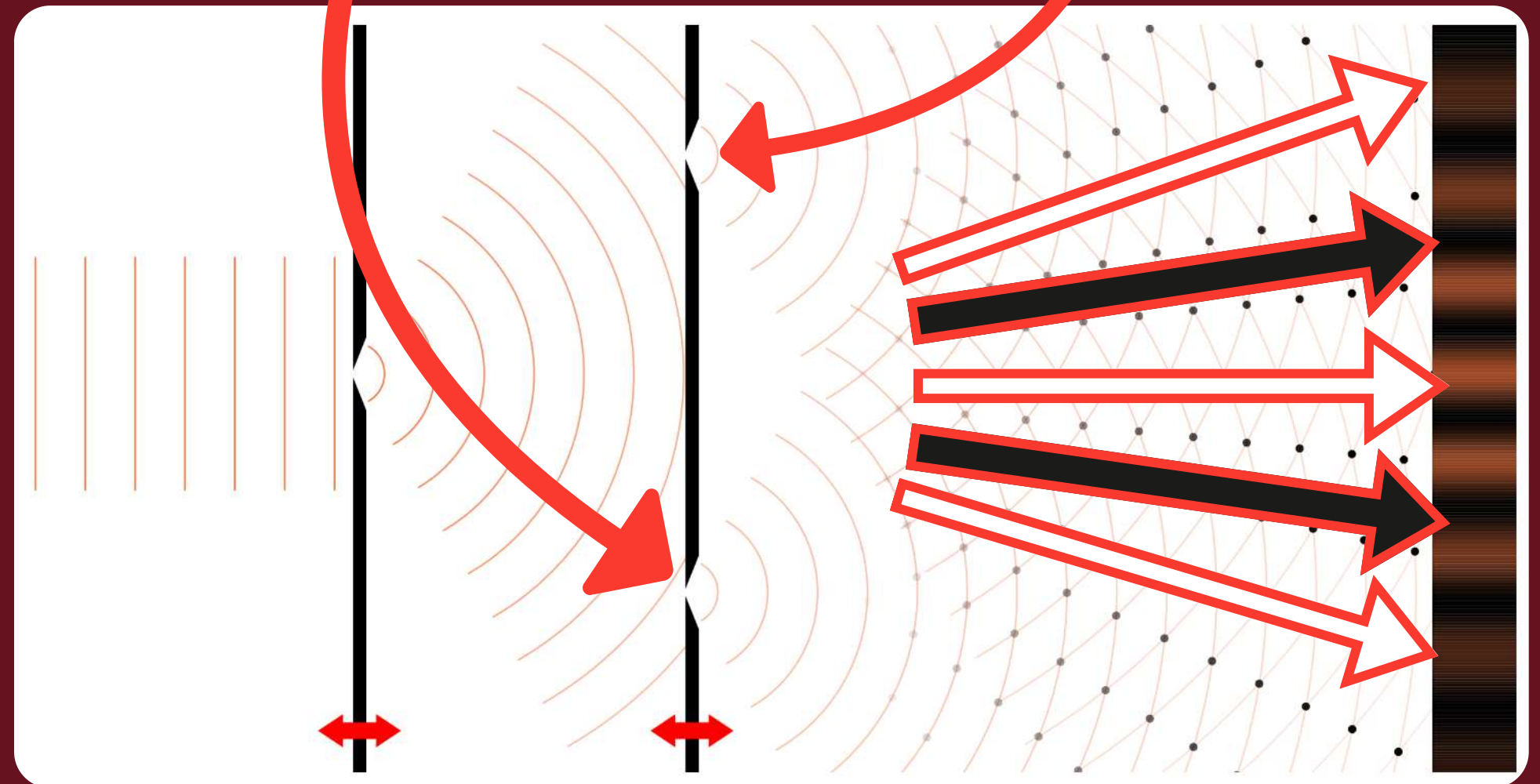


Interférence
constructive



Ondes– Particules: Interférométrie

On peut déduire indirectement des propriétés des sources/particules!



Interférence

Processus sans H(125)

$$gg \rightarrow \gamma\gamma$$

Interférence

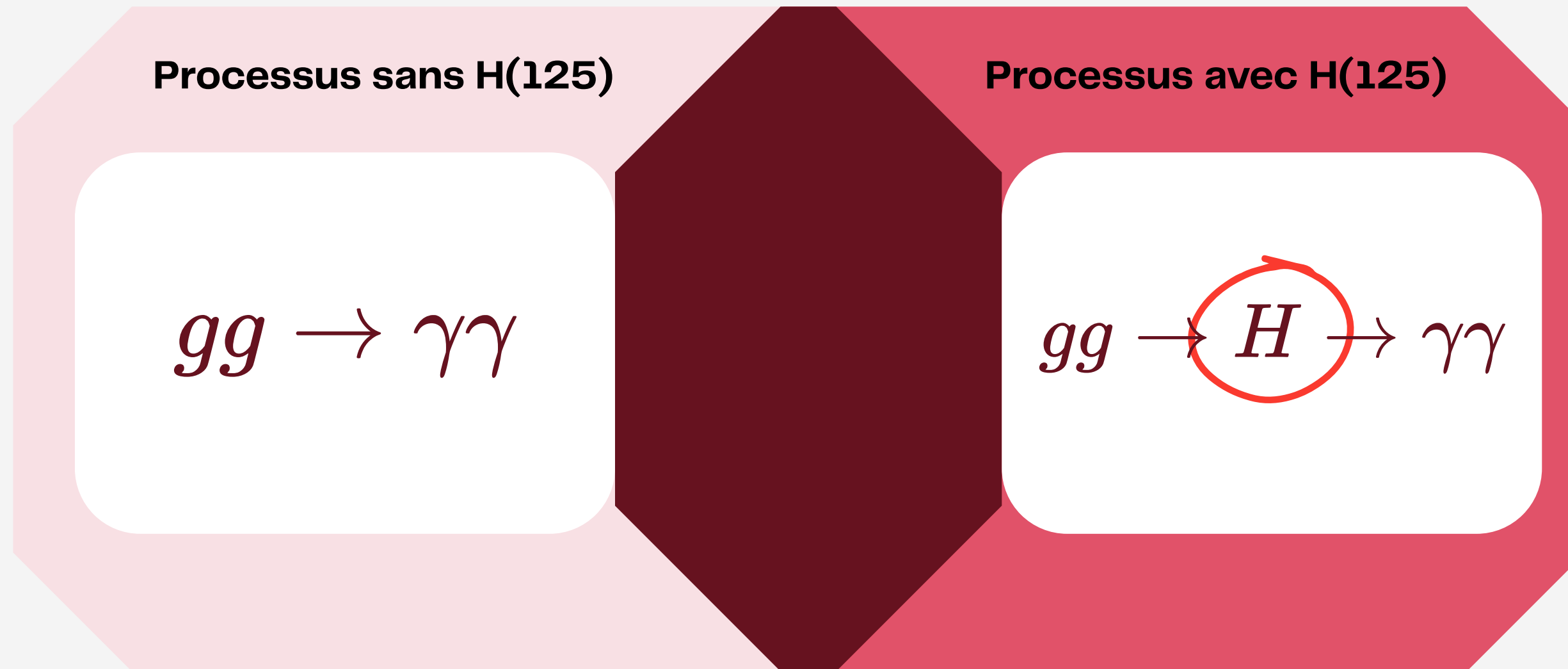
Processus sans H(125)

$$gg \rightarrow \gamma\gamma$$

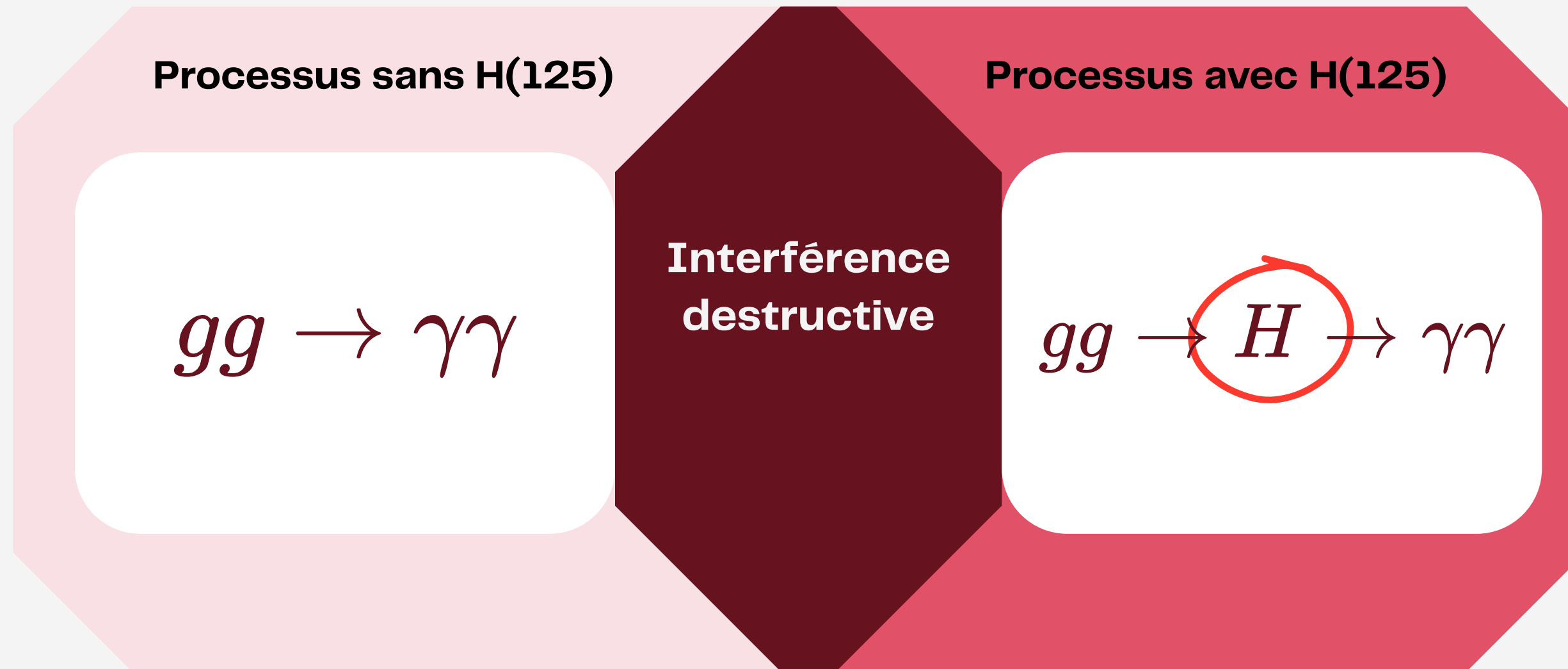
Processus avec H(125)

$$gg \rightarrow H \rightarrow \gamma\gamma$$

Interférence

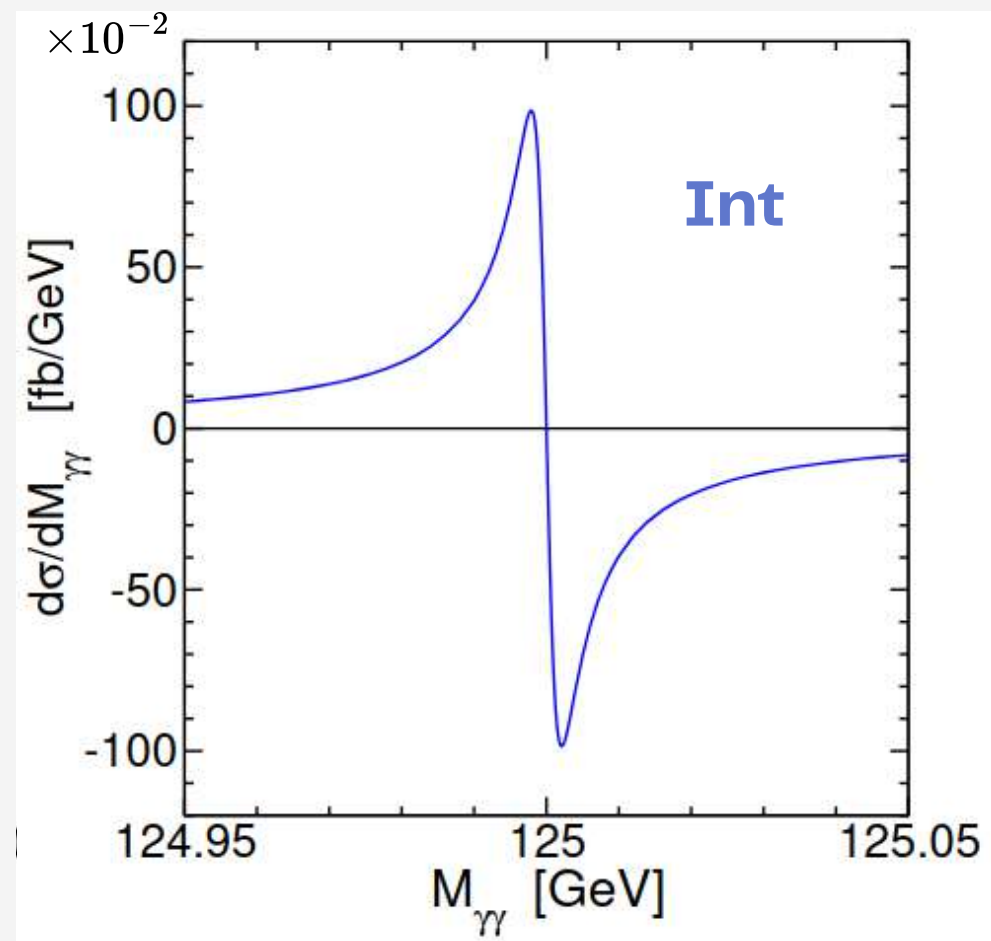


Interférence



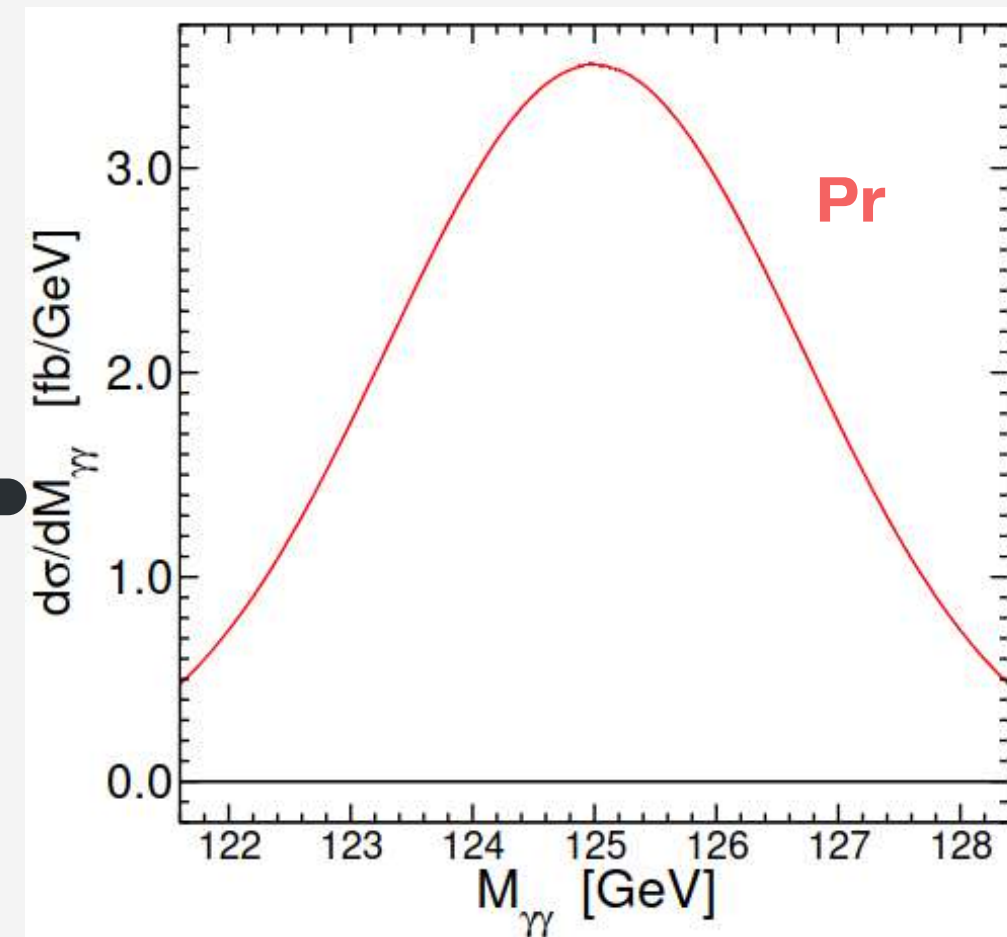
Interférence

Pr: Processus sans interférence



Effet de l'interférence sur la distribution de masse

+



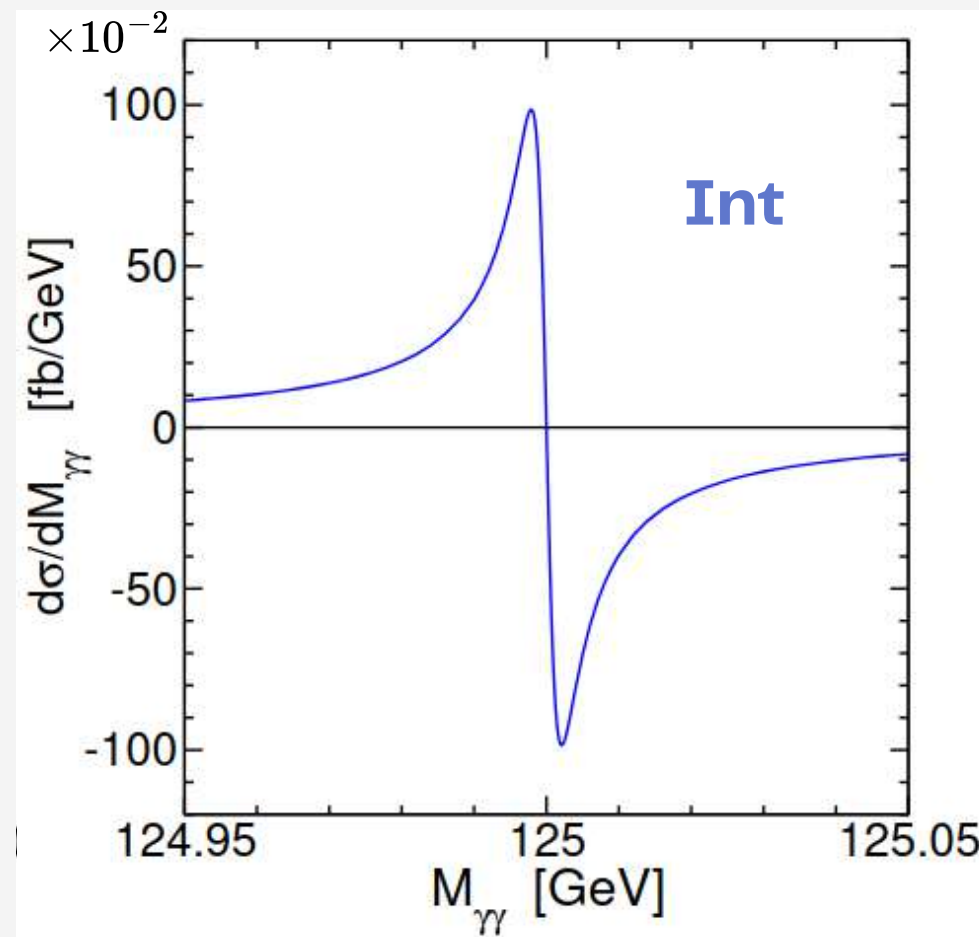
Distribution de masse du boson de Higgs sans interférence

Interférence

NLO: Niveau actuel de précision théorique

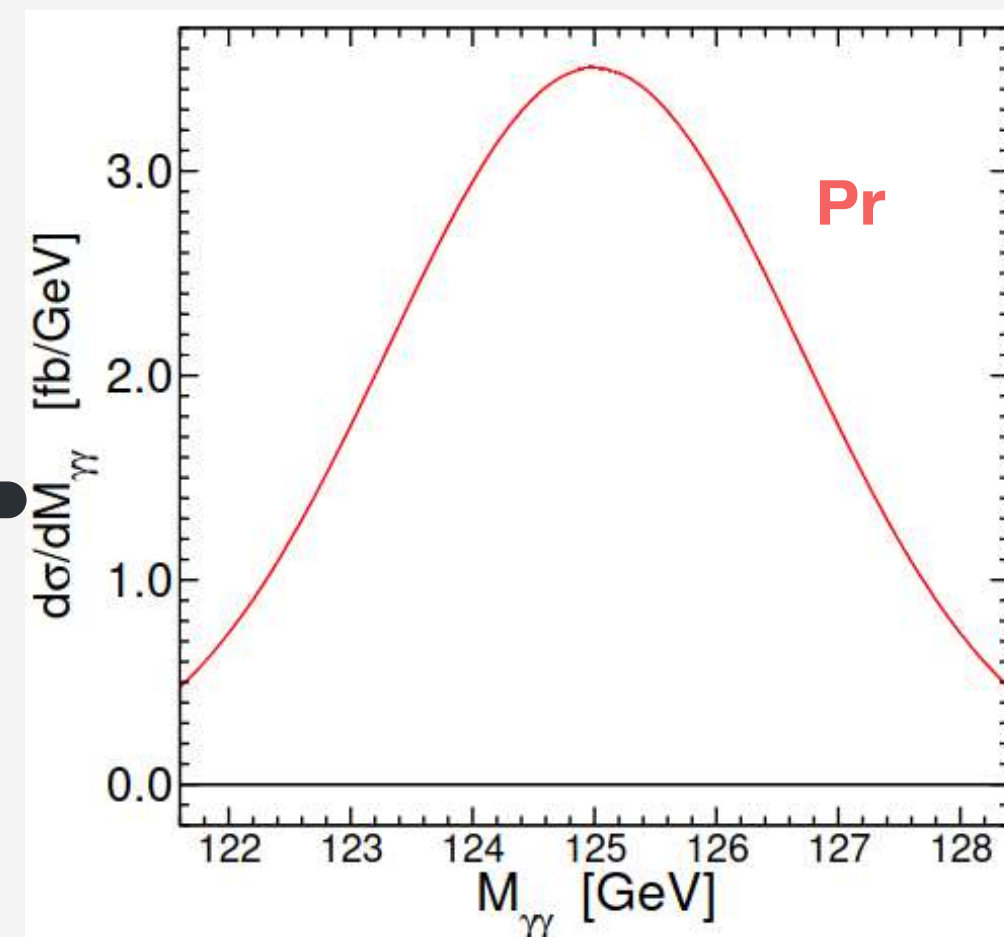
Pr: Processus sans interférence

PrInt: Processus avec l'interférence

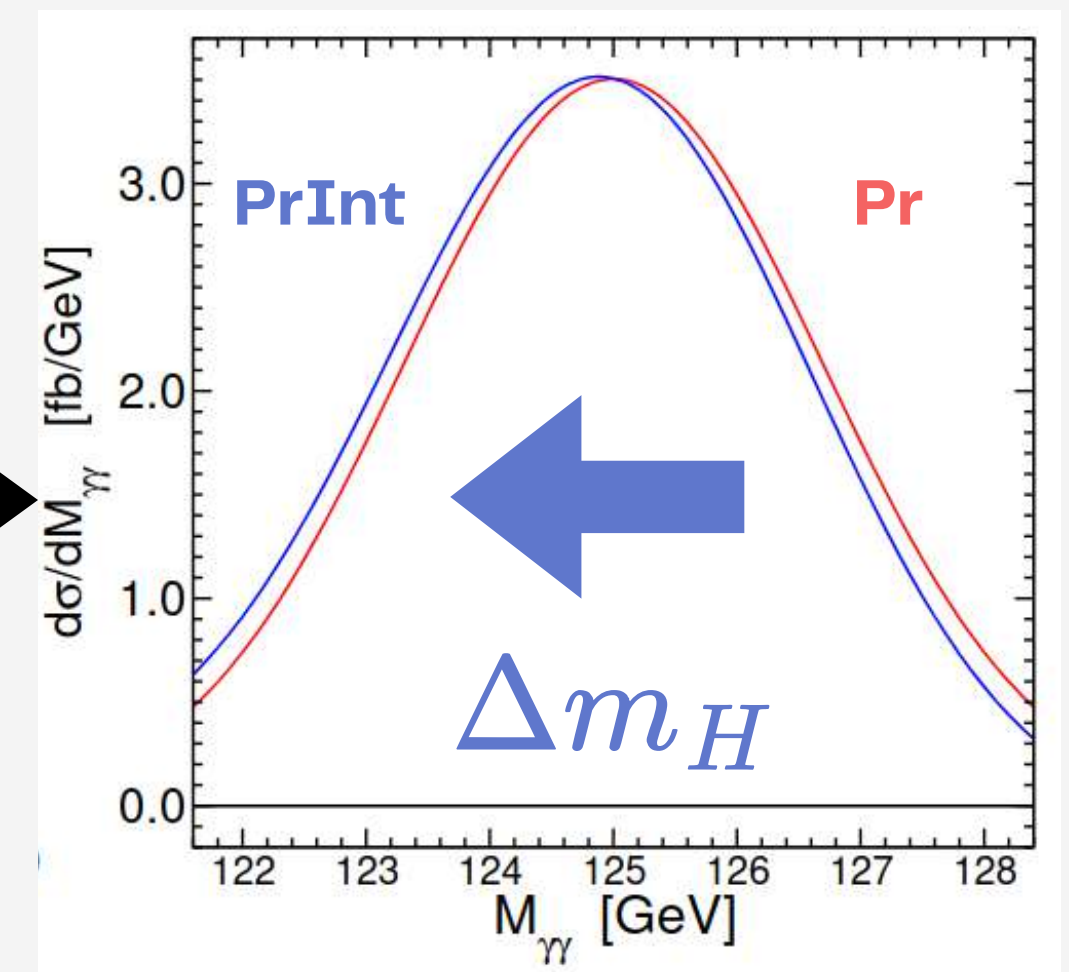
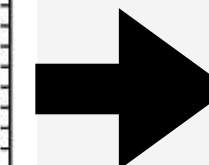


Effet de l'interférence sur la distribution de masse

+



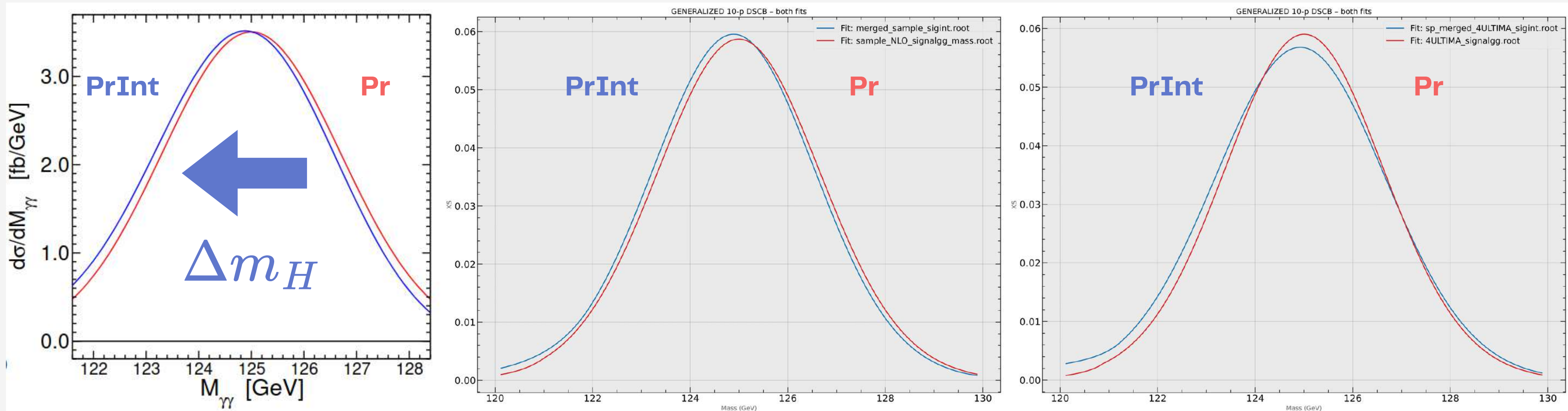
Distribution de masse du boson de Higgs sans interférence



NLO
 $\Delta m_H \approx -100 MeV$

Martin, S. P. (2012). Shift in the LHC Higgs diphoton mass peak from interference with background. Physical Review D, 86(073016).

Stage M2: Interférométrie du H(125)



NLO
 $\Delta m_H \approx -100 MeV$

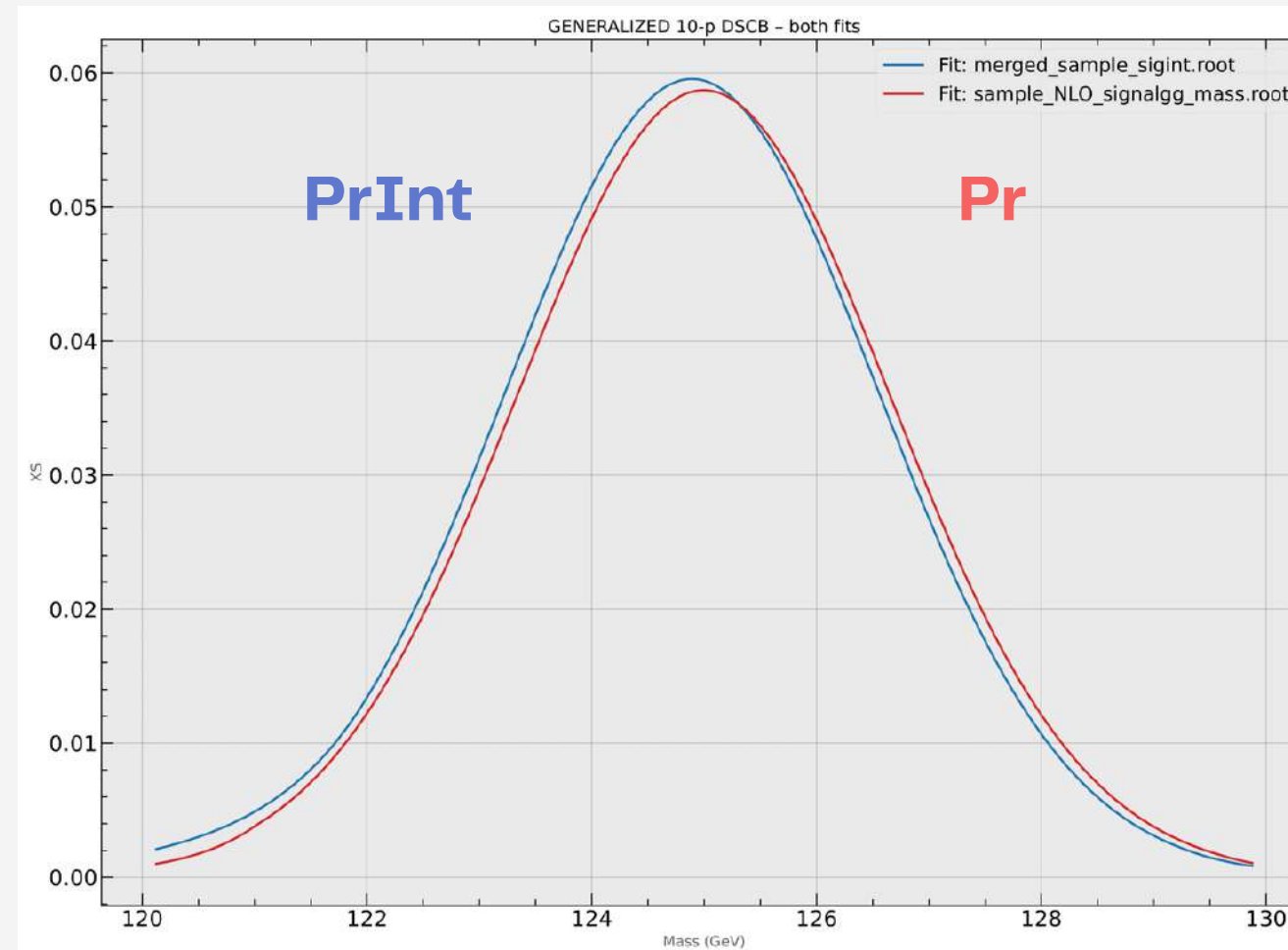
NLO
 $\Delta m_H \approx -104 MeV$

NLO + NLL
 $\Delta m_H \approx -81 MeV$

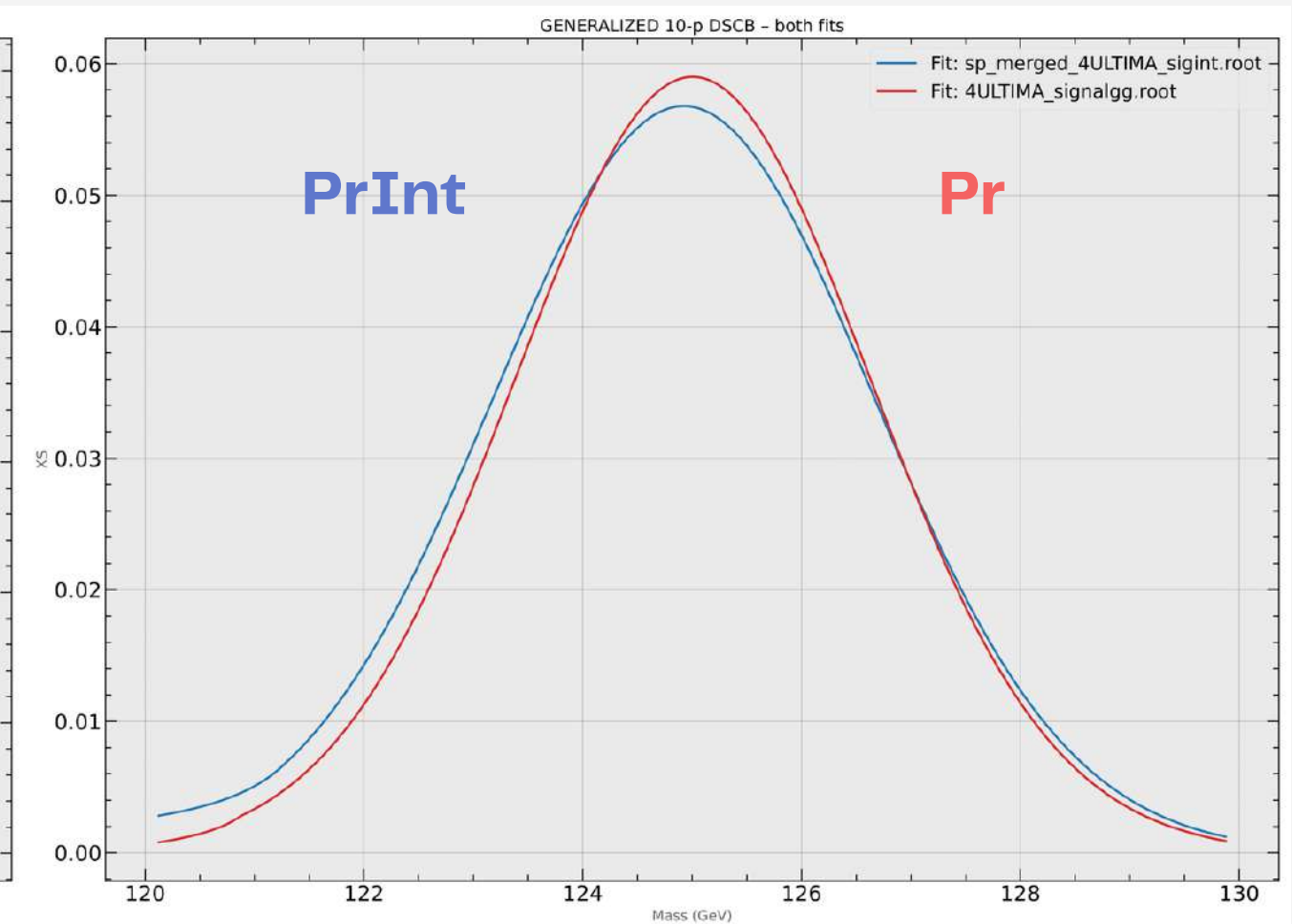
Stage M2: Interférométrie du H(125)

*Camarda, S., Cieri, L., Ferrera, G., & Urtasun-Elizari, J. (2022). Higgs boson production at the LHC: Fast and precise predictions in QCD at higher orders. European Physical Journal C, 82(5), 492.

FAITS AVEC
HTURBO*



$$NLO$$
$$\Delta m_H \approx -104 MeV$$



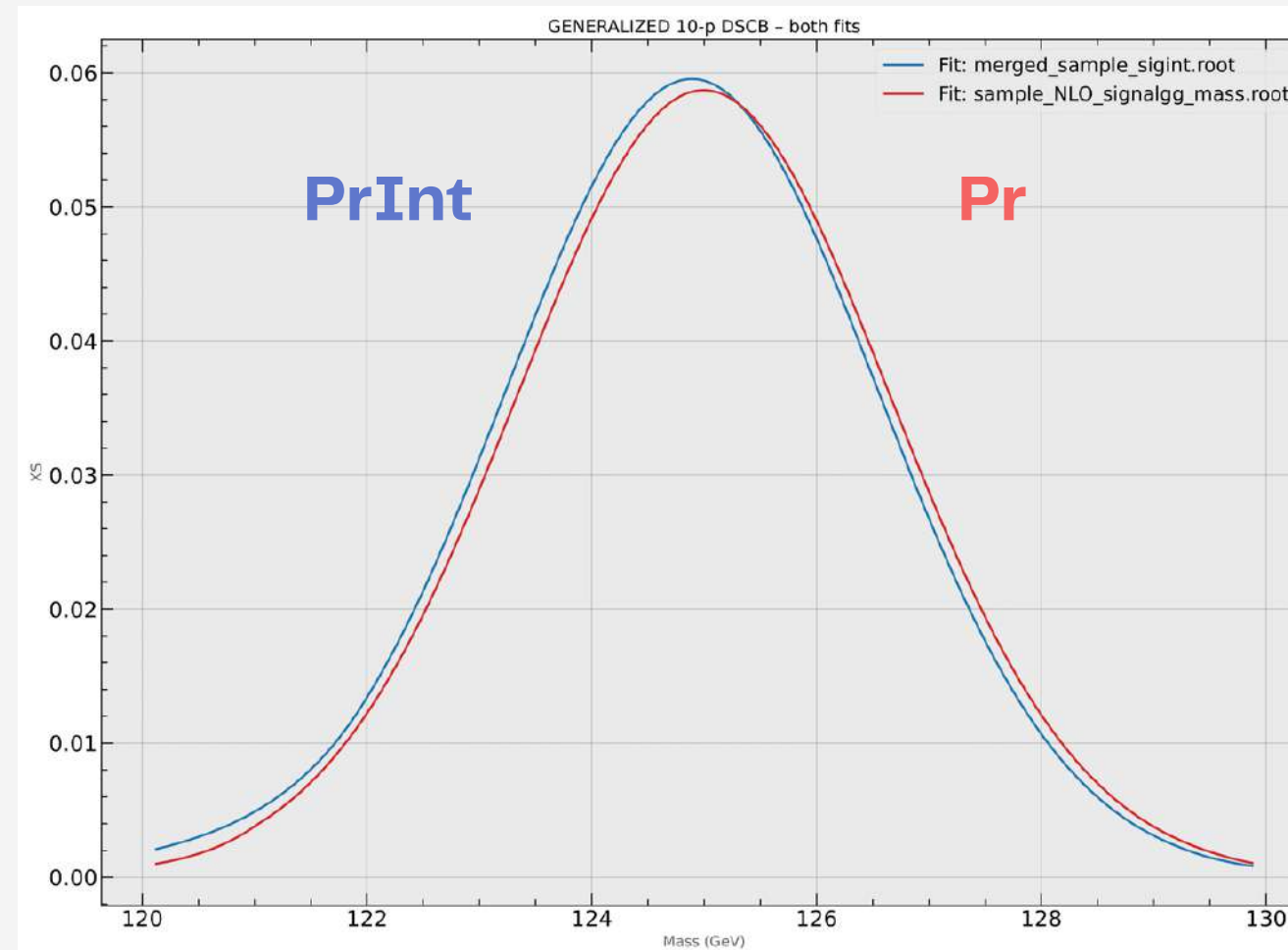
$$NLO + NLL$$
$$\Delta m_H \approx -81 MeV$$

Stage M2: Interférométrie du H(125)

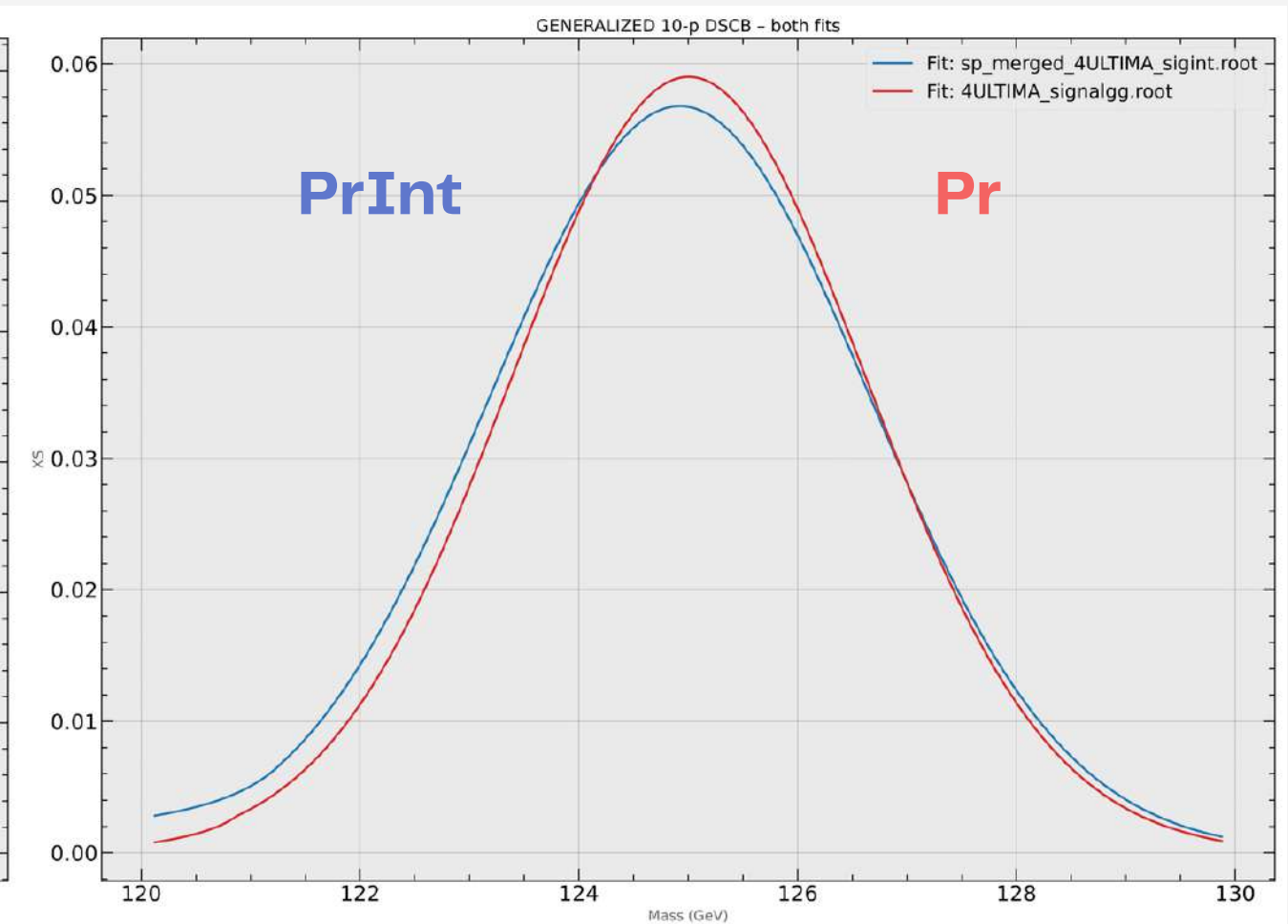
*Camarda, S., Cieri, L., Ferrera, G., & Urtasun-Elizari, J. (2022). Higgs boson production at the LHC: Fast and precise predictions in QCD at higher orders. European Physical Journal C, 82(5), 492.

FAITS AVEC
HTURBO*

Simulateur de
collisions de
particules à très
haute précision
(atteintes pour la
1^{re} fois)



$$NLO$$
$$\Delta m_H \approx -104 MeV$$



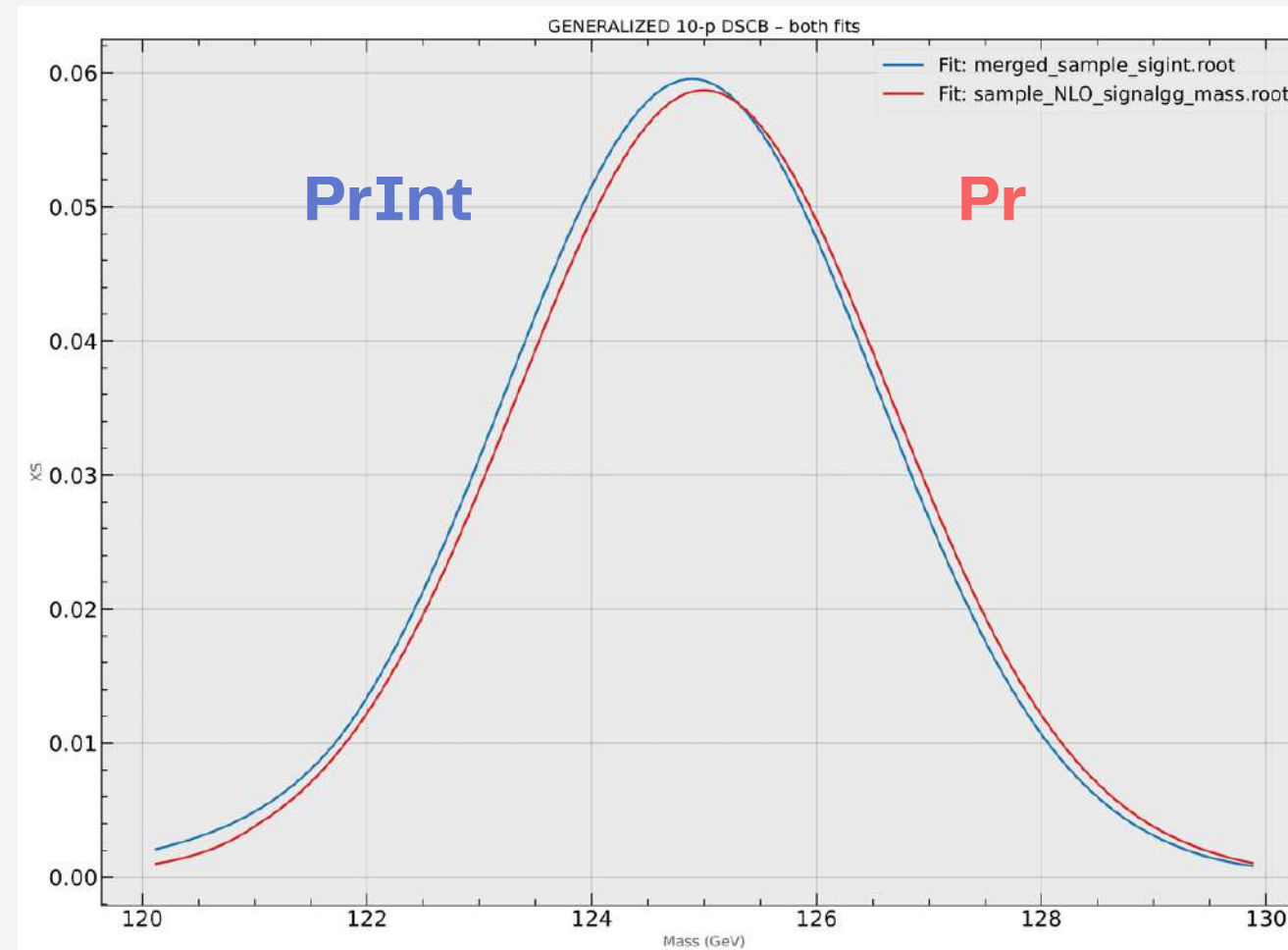
$$NLO + NLL$$
$$\Delta m_H \approx -81 MeV$$

Stage M2: Interférométrie du H(125)

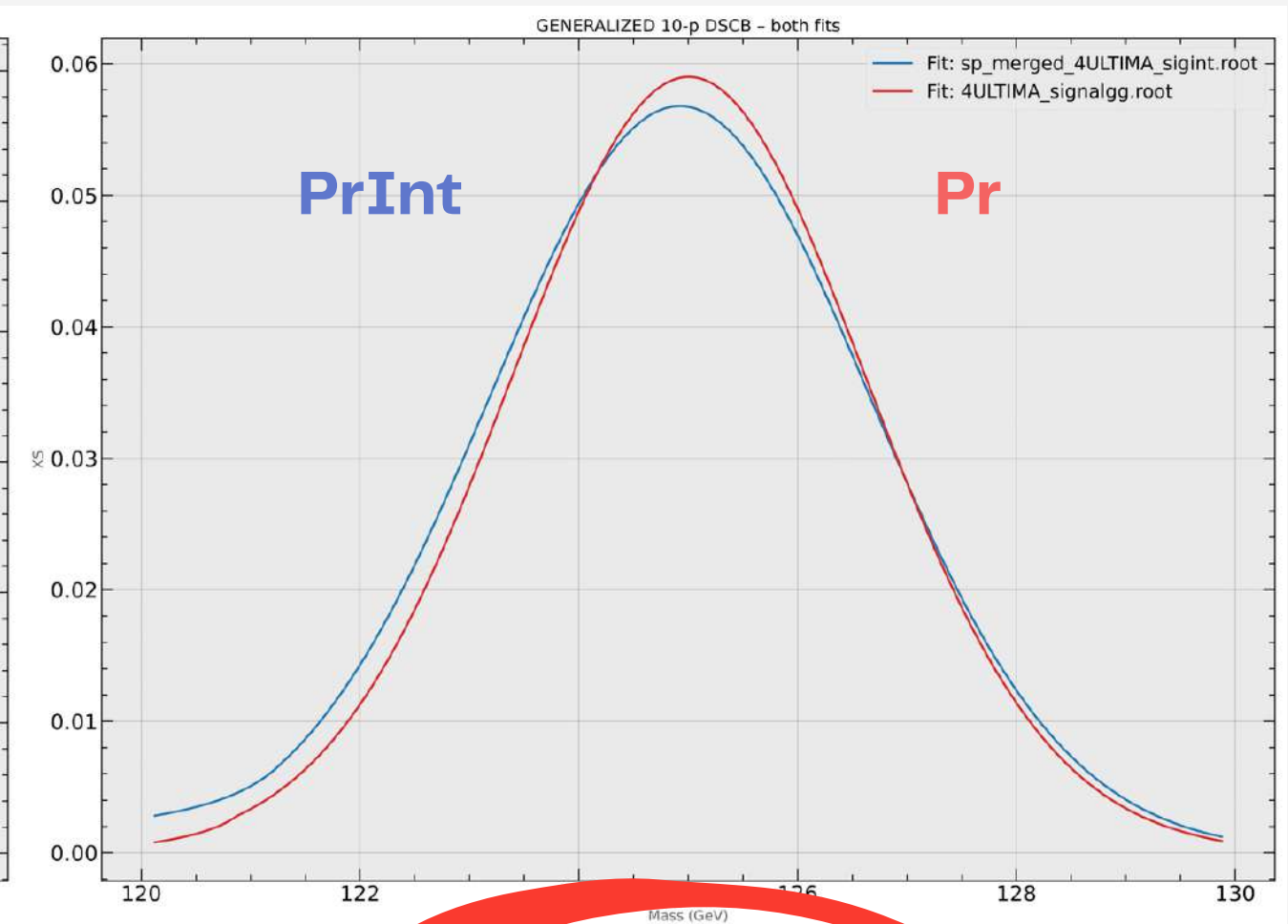
*Camarda, S., Cieri, L., Ferrera, G., & Urtasun-Elizari, J. (2022). Higgs boson production at the LHC: Fast and precise predictions in QCD at higher orders. European Physical Journal C, 82(5), 492.

FAITS AVEC
HTURBO*

Simulateur de
collisions de
particules à très
haute précision
(atteintes pour la
1^{re} fois)



$$NLO$$
$$\Delta m_H \approx -104 MeV$$

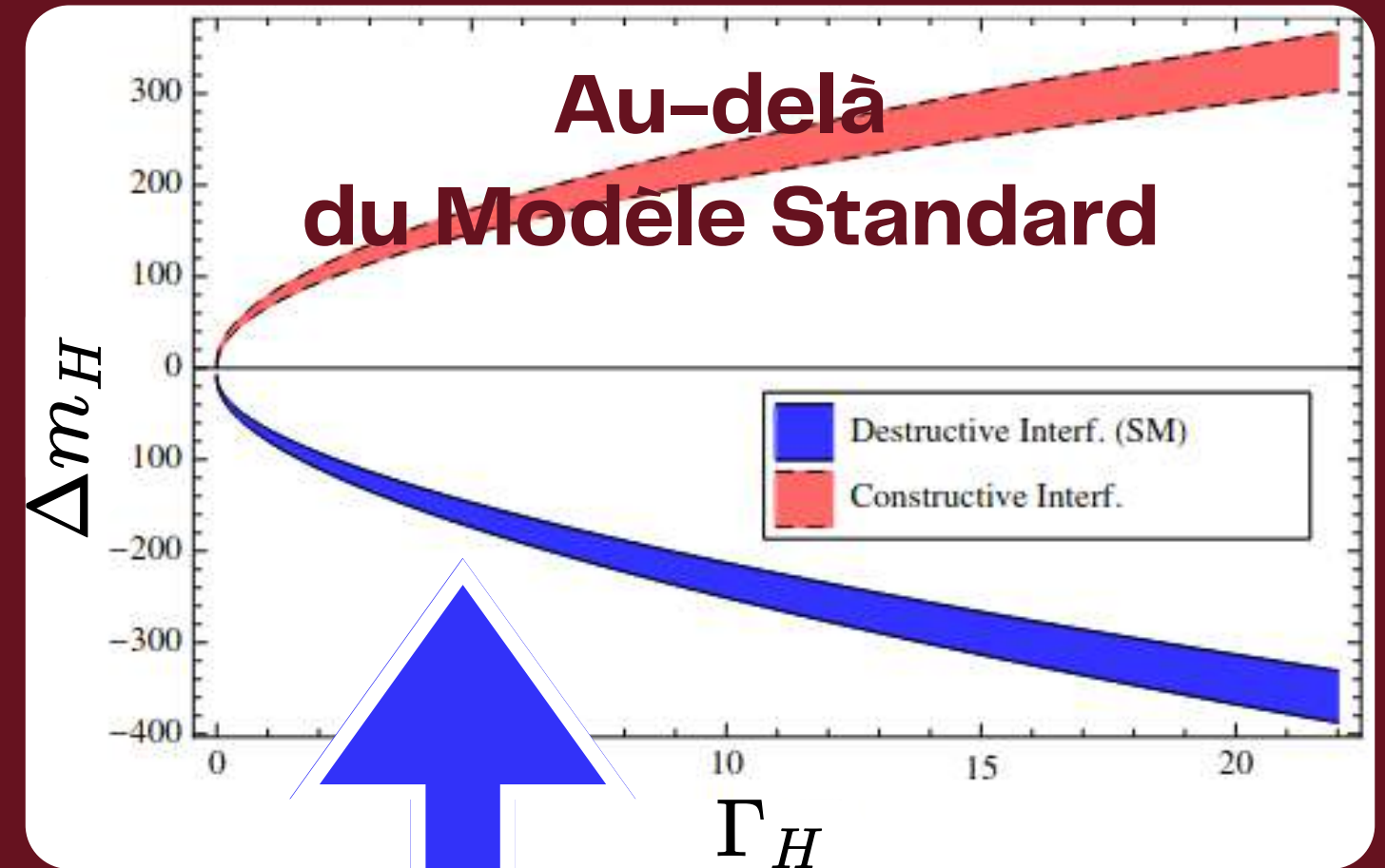


$$NLO + NLL$$
$$\Delta m_H \approx -81 MeV$$

Objectif de la thèse #1: Interférométrie

Compléter la modélisation du décalage de la masse du boson de Higgs avec HTurbo.

- Rendre utilisable ces techniques de modélisation statistique de haute précision pour améliorer les estimations du décalage de masse, au profit de la collaboration CMS.



Reproduire les effets de l'interférence du
Modèle Standard sur la masse avec
HTurbo!

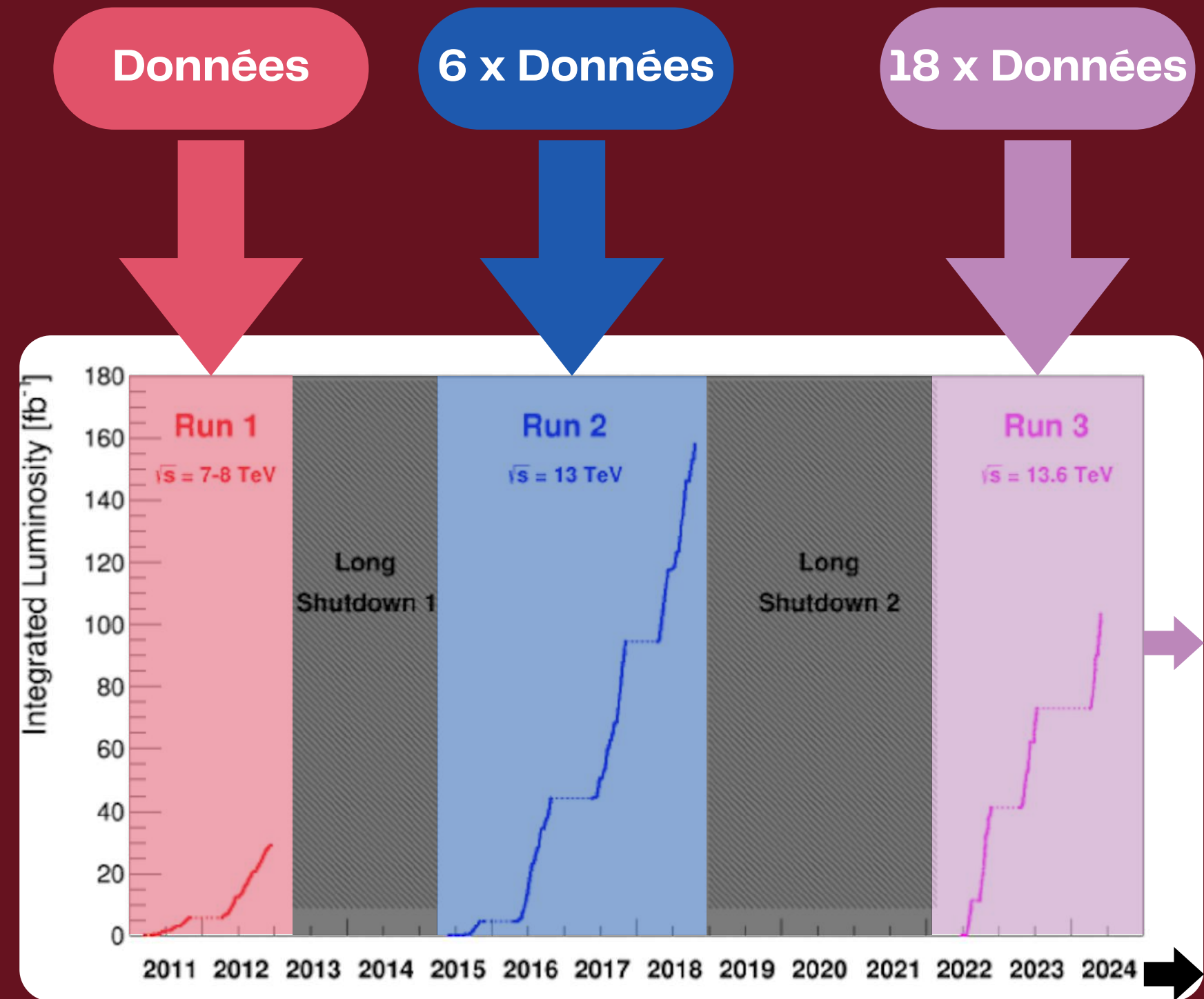
Objectif de la thèse #1: Interférométrie

Compléter la modélisation du décalage de la masse du boson de Higgs avec HTurbo.

- Rendre utilisable ces techniques de modélisation statistique de haute précision pour améliorer les estimations du décalage de masse, au profit de la collaboration CMS.

Contraindre la largeur du boson de Higgs

- Développer une stratégie d'analyse des données du Run 3 pour les comparer aux modèles obtenus.



Run 3: 2022– juillet 2026

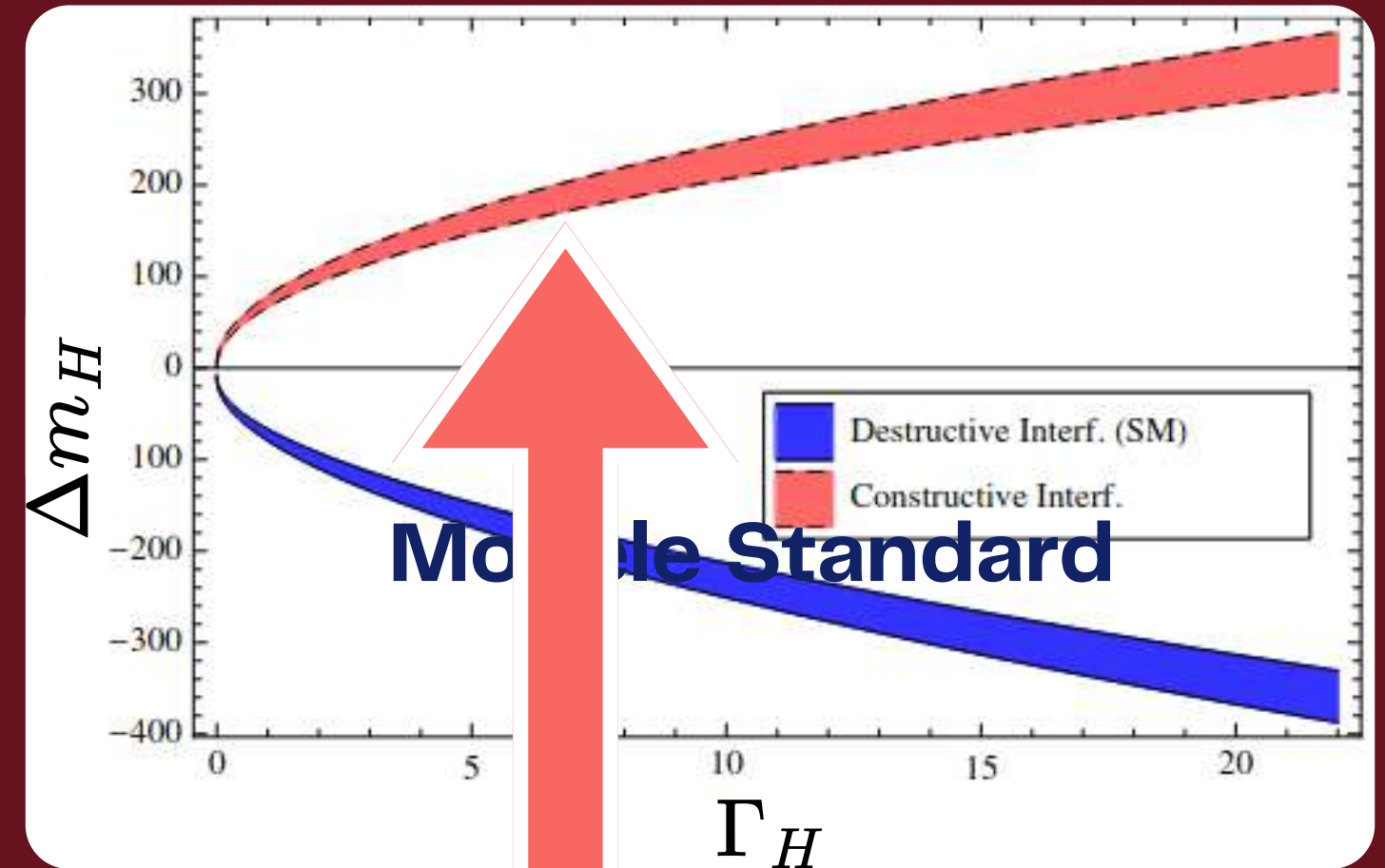
Objectif de la thèse #1: Interférométrie

Compléter la modélisation du décalage de la masse du boson de Higgs avec HTurbo.

- Rendre utilisable ces techniques de modélisation statistique de haute précision pour améliorer les estimations du décalage de masse, au profit de la collaboration CMS.

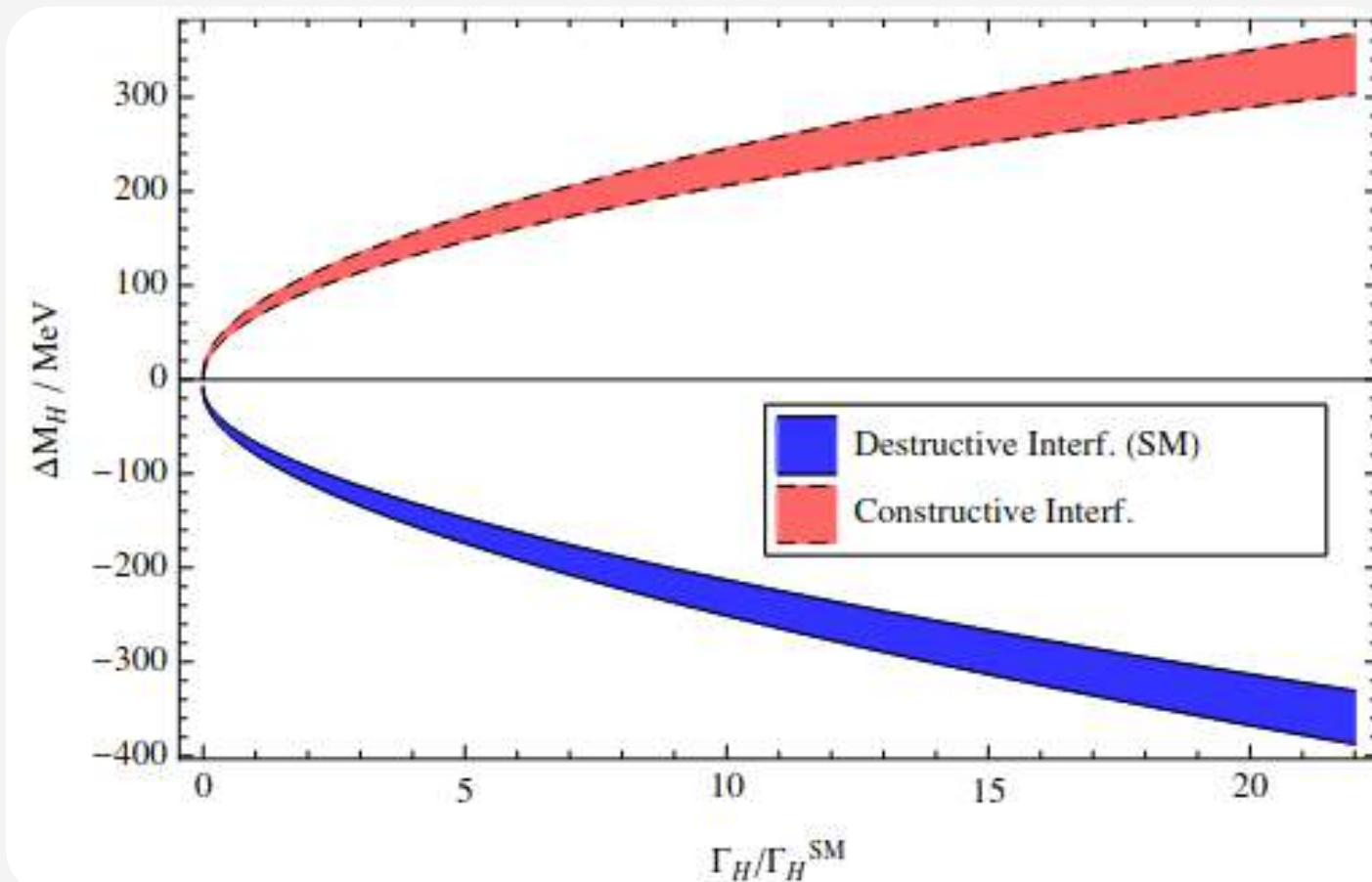
Contraindre la largeur du boson de Higgs

- Développer une stratégie d'analyse des données du Run 3 pour les comparer aux modèles obtenus.



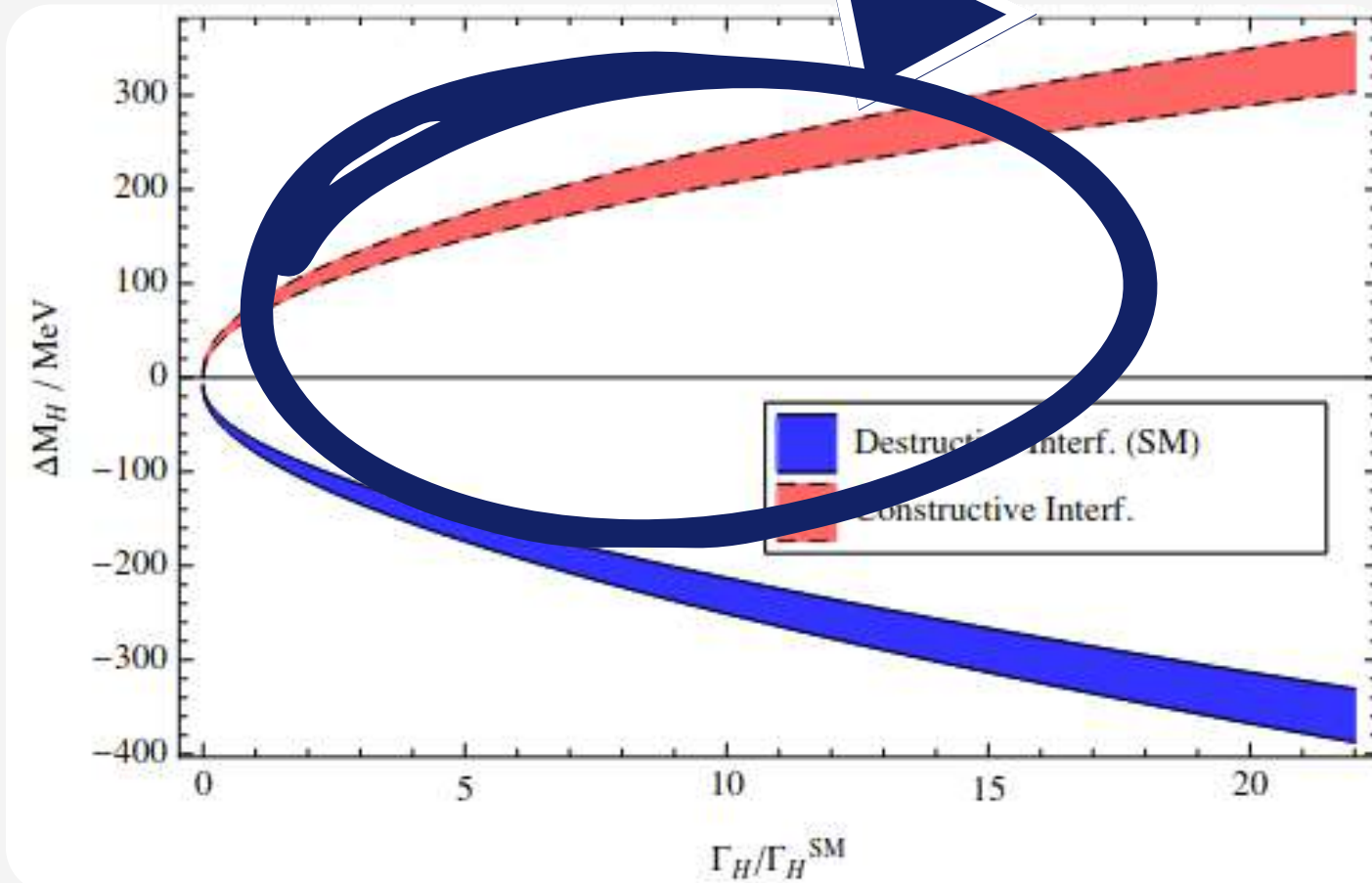
Comparer les données aux simulations d'interférence au-delà du Modèle Standard!

Au-delà du Modèle Standard...



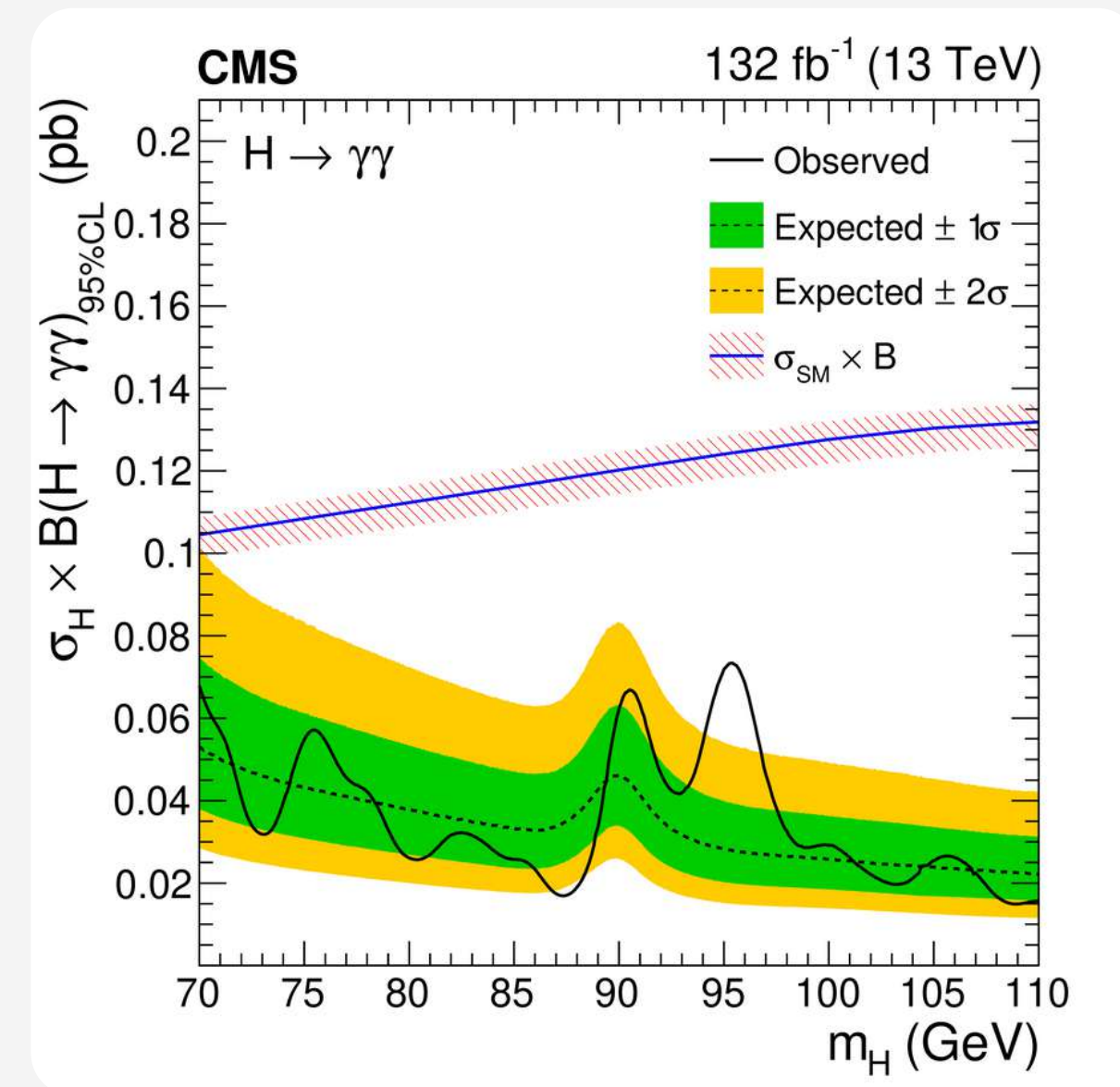
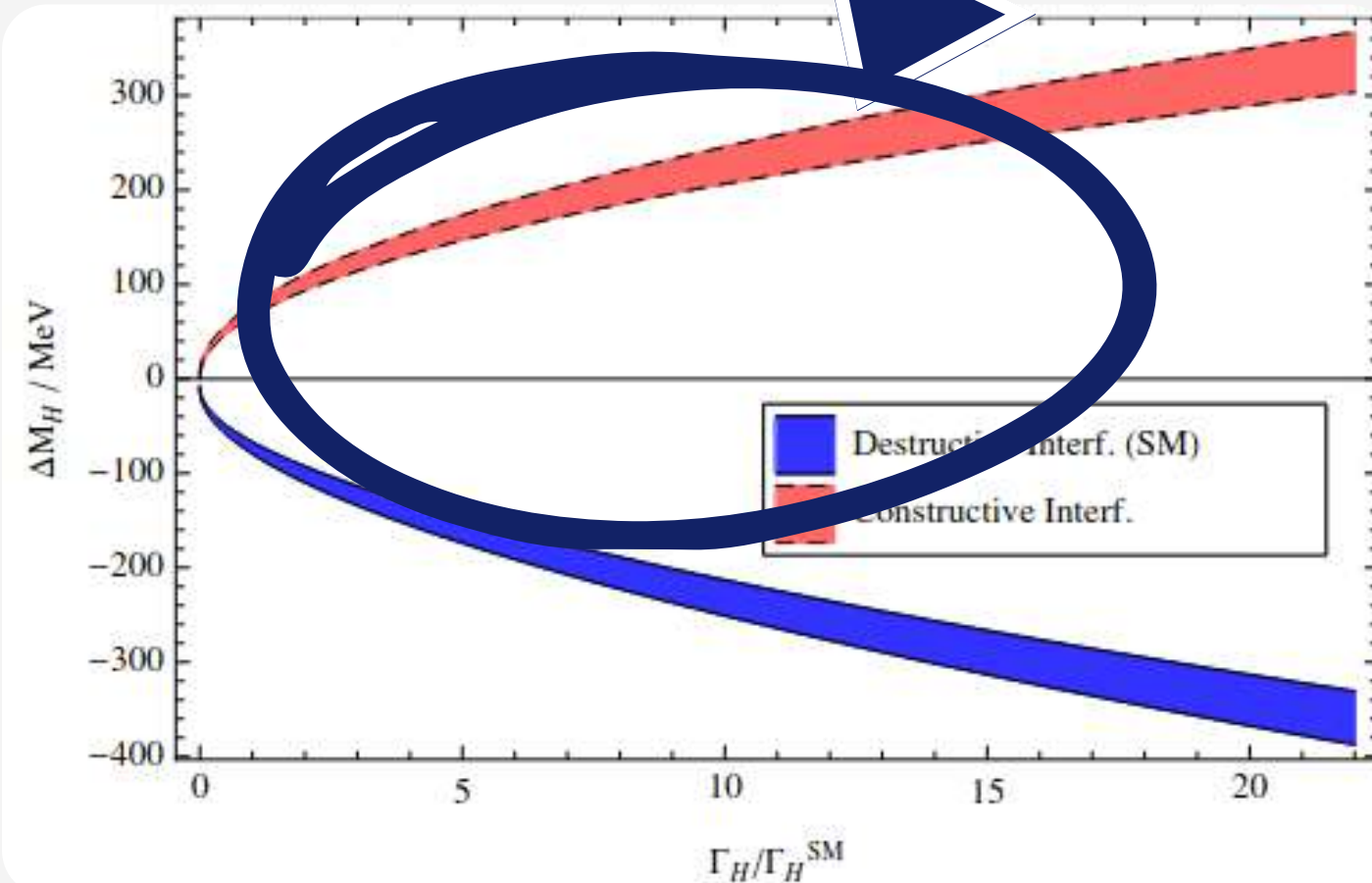
Au-delà
du
Modèle
Standard...

***Recherche
indirecte***



Au-delà
du
Modèle
Standard...

**Recherche
indirecte**



2019: Un possible processus est apparu!

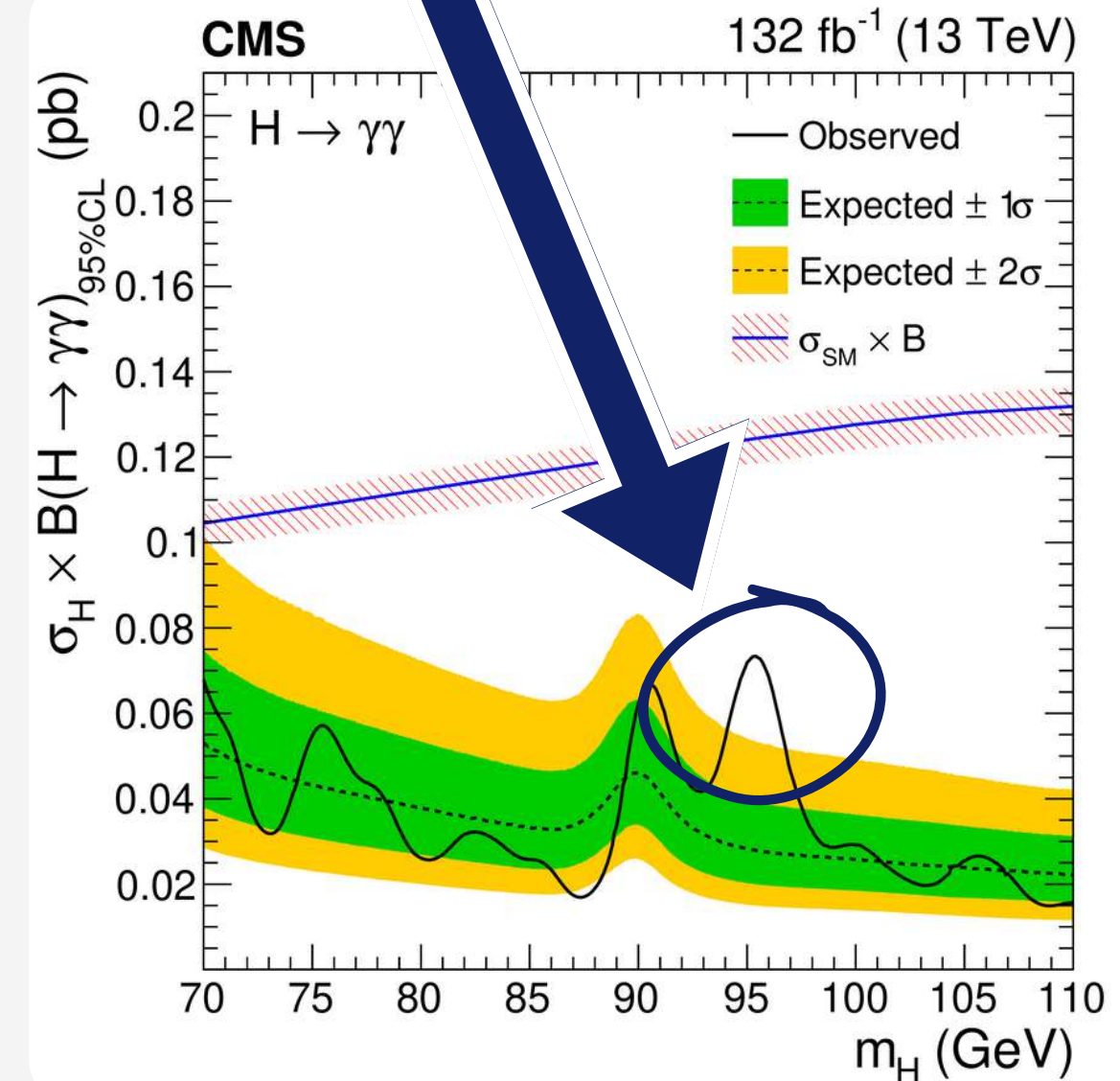
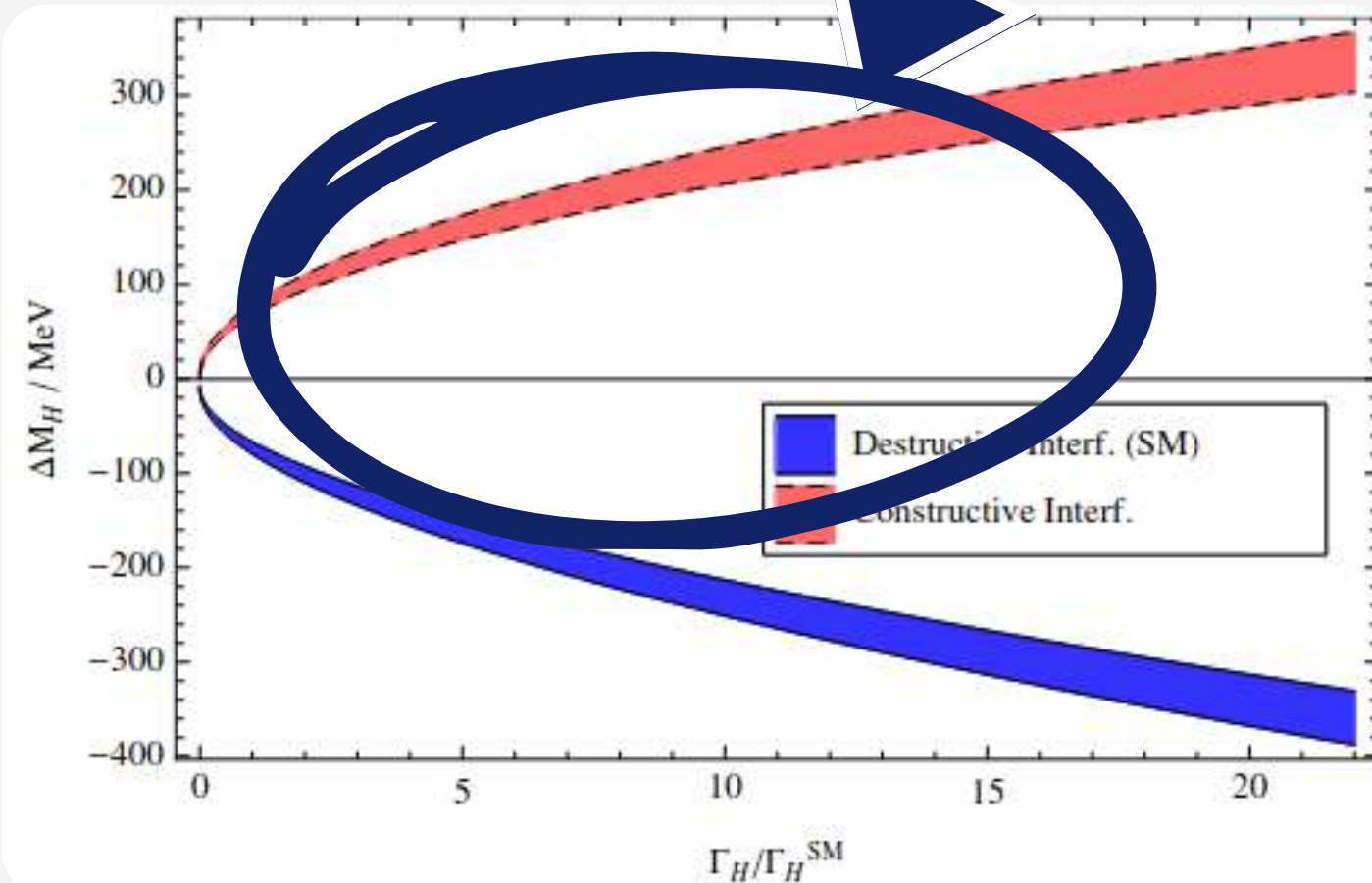
Phys. Lett. B 860 (2025) 139067

<https://doi.org/10.1016/j.physletb.2024.139067>

Au-delà
du
Modèle
Standard...

**Recherche
indirecte**

**Recherche
directe**



2019: Un possible processus est apparu!

Phys. Lett. B 860 (2025) 139067

<https://doi.org/10.1016/j.physletb.2024.139067>

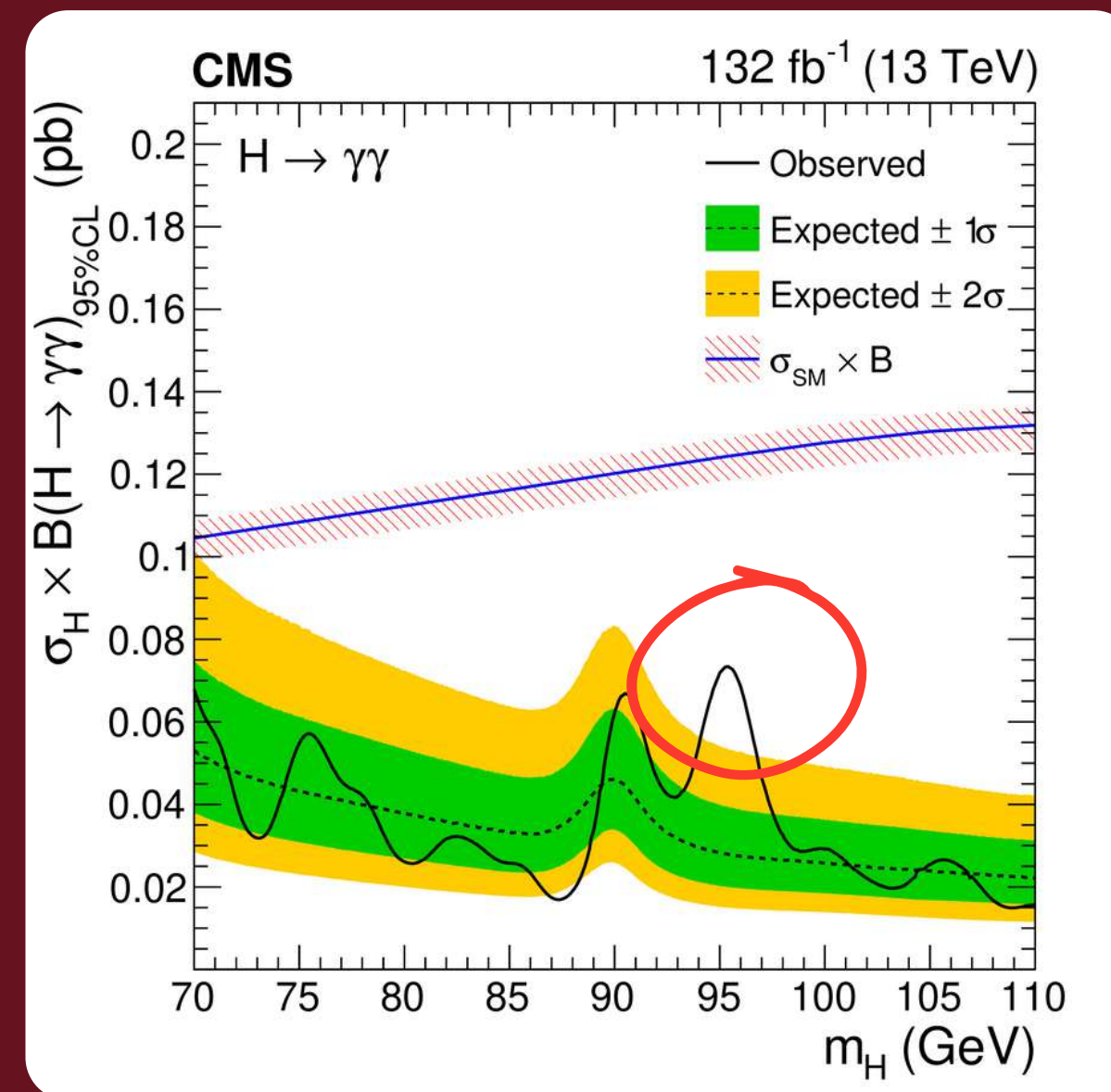
Objectif de la thèse #2: Deuxième boson de Higgs

Recherche d'un 2e Boson de Higgs

Visant un deuxième boson de Higgs à masse inférieure à 125 GeV.

Analyse des données du Run 3 du LHC

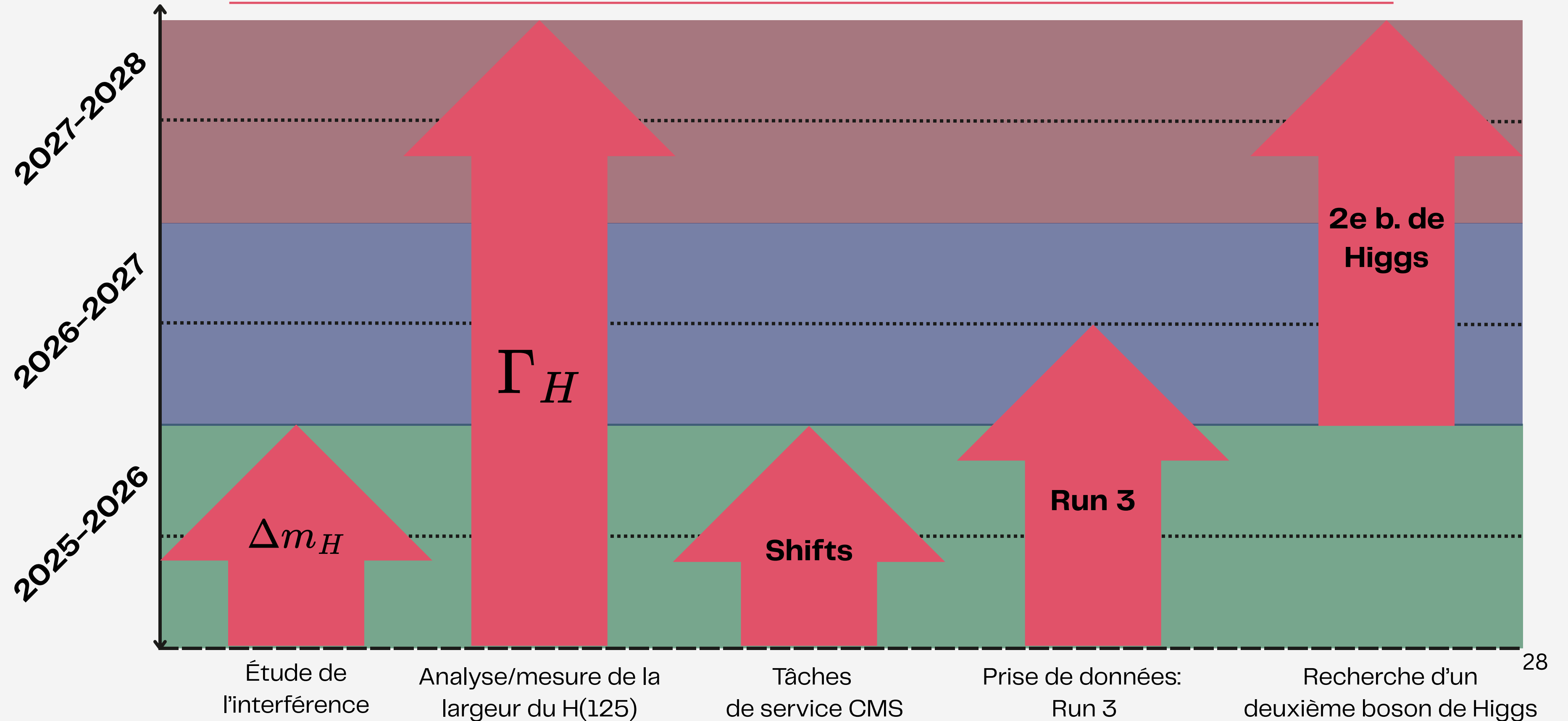
2022-2026, avec 3x plus de données qu'en 2016-2018.

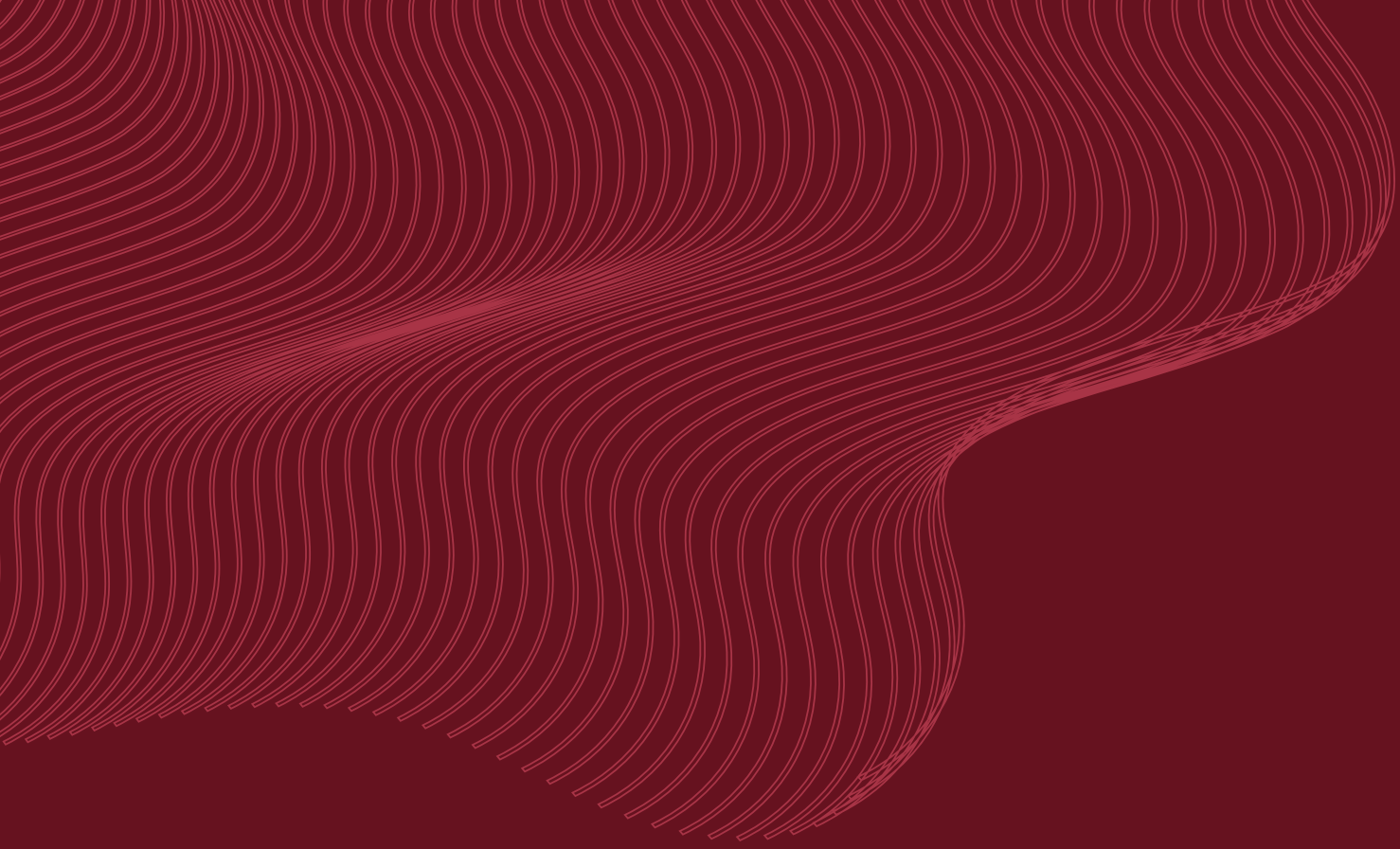


Possibilité de découverte majeure!

Et d'extension du Modèle Standard actuel !

Calendrier du projet de thèse





Merci de votre attention !

Slides Extra
