



Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

J. Pellé, S. Harmand





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

- Introduction
- Méthode utilisée pour la mesure du h
- Description du banc expérimental
- Résultats – Interprétation
- Conclusion





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

- **Introduction**
- Méthode utilisée pour la mesure du h
- Description du banc expérimental
- Résultats – Interprétation
- Conclusion



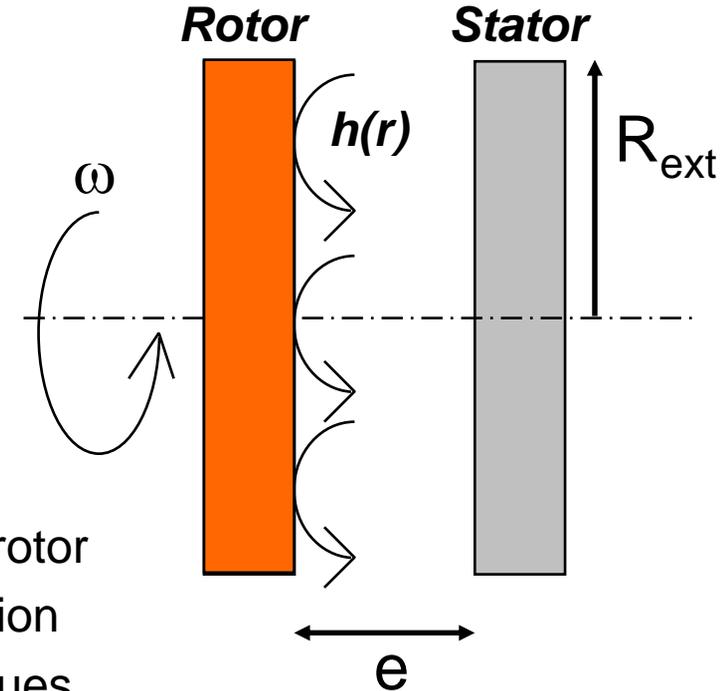


Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

Systeme rotor-stator discoïde sans jet

➤ Machine tournante discoïde (éolienne...)

1. Rotor et stator face à face
2. Fort couple et **faible** vitesse de **rotation**
3. Différentes pertes dégagées en **chaleur** au rotor
4. **Ecoulement** dans l'entrefer créé par la rotation
5. **Convection** forcée au niveau des deux disques



Echauffement au rotor

Amélioration des techniques de refroidissement (fiabilité, stabilité et rendement)



Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

Systeme rotor-stator discoïde sans jet

- L'échange convectif à la surface du rotor et les écoulements au sein de l'entrefer sont étroitement liés:

1. **Batchelor** (1951)

2. **Stewartson** (1953)

3. **Owen** (1974)

les écoulements,
entrefer **ouvert ou fermé**

4. **Daily et Nece** (1960)

transferts convectifs,
entrefer **fermé**

Owen (1989):
espacement,

*vitesse de
rotation*

*profil de
températures*

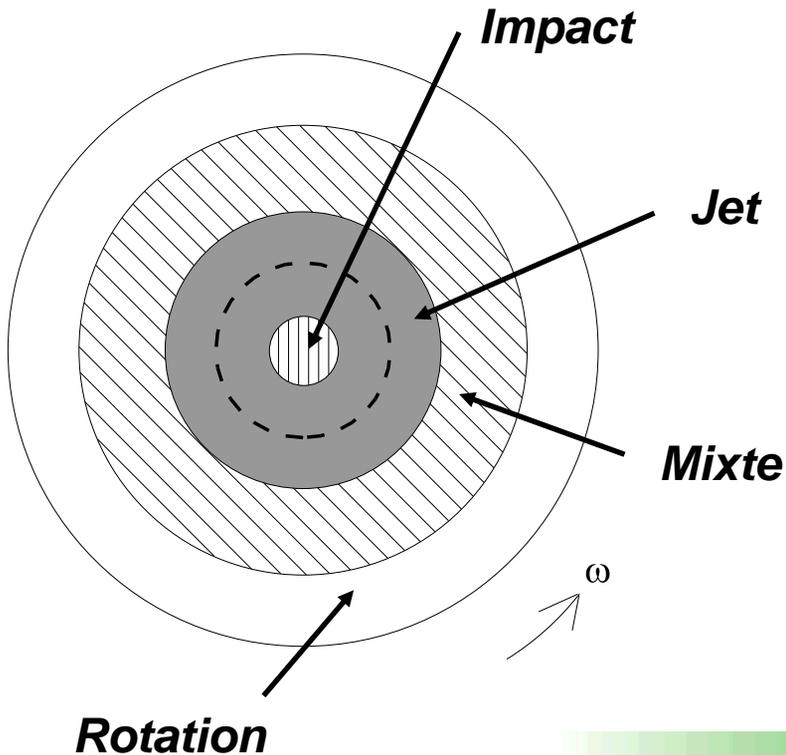
Réalisation d'essais pour la **détermination du coefficient d'échange sans jet en entrefer ouvert**



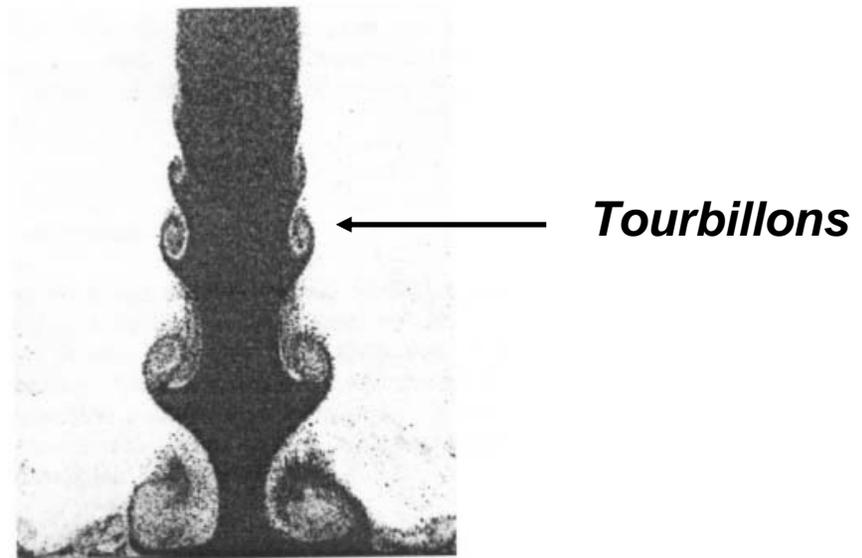
Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

Influence d'un jet sur une paroi

1. Popiel et Boguslawski (1986)



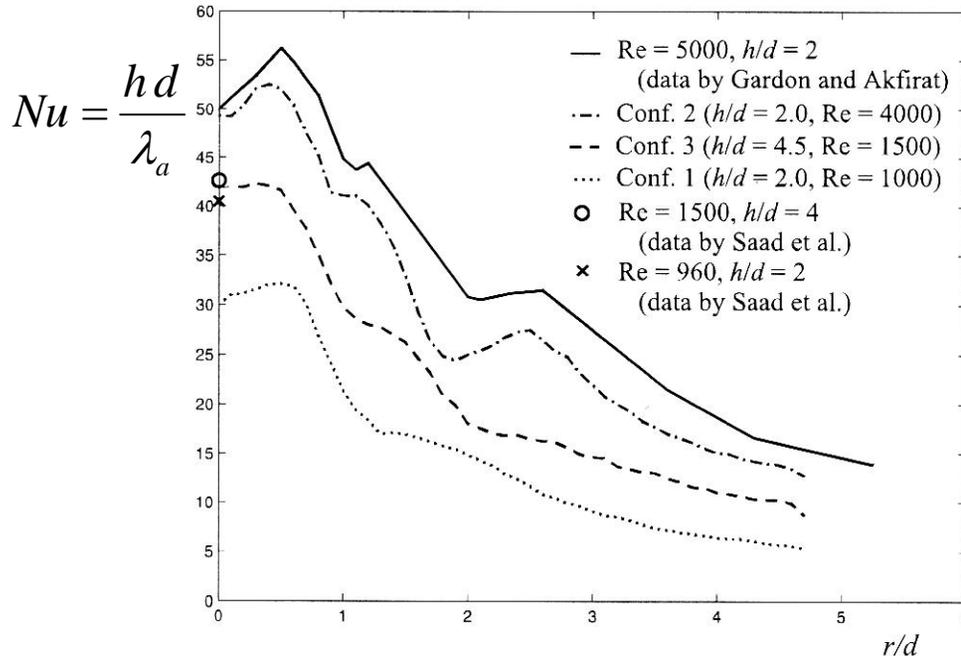
2. Angioletti et al. (2003)





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

Influence d'un jet sur une paroi



Angioletti et al. (2003)

Pics = recollement des tourbillons

Echange maximum décalé par rapport au point d'impact

Détermination des coefficients d'échanges sur le rotor d'un système discoïde avec un entrefer non-confiné soumis à l'impact d'un jet





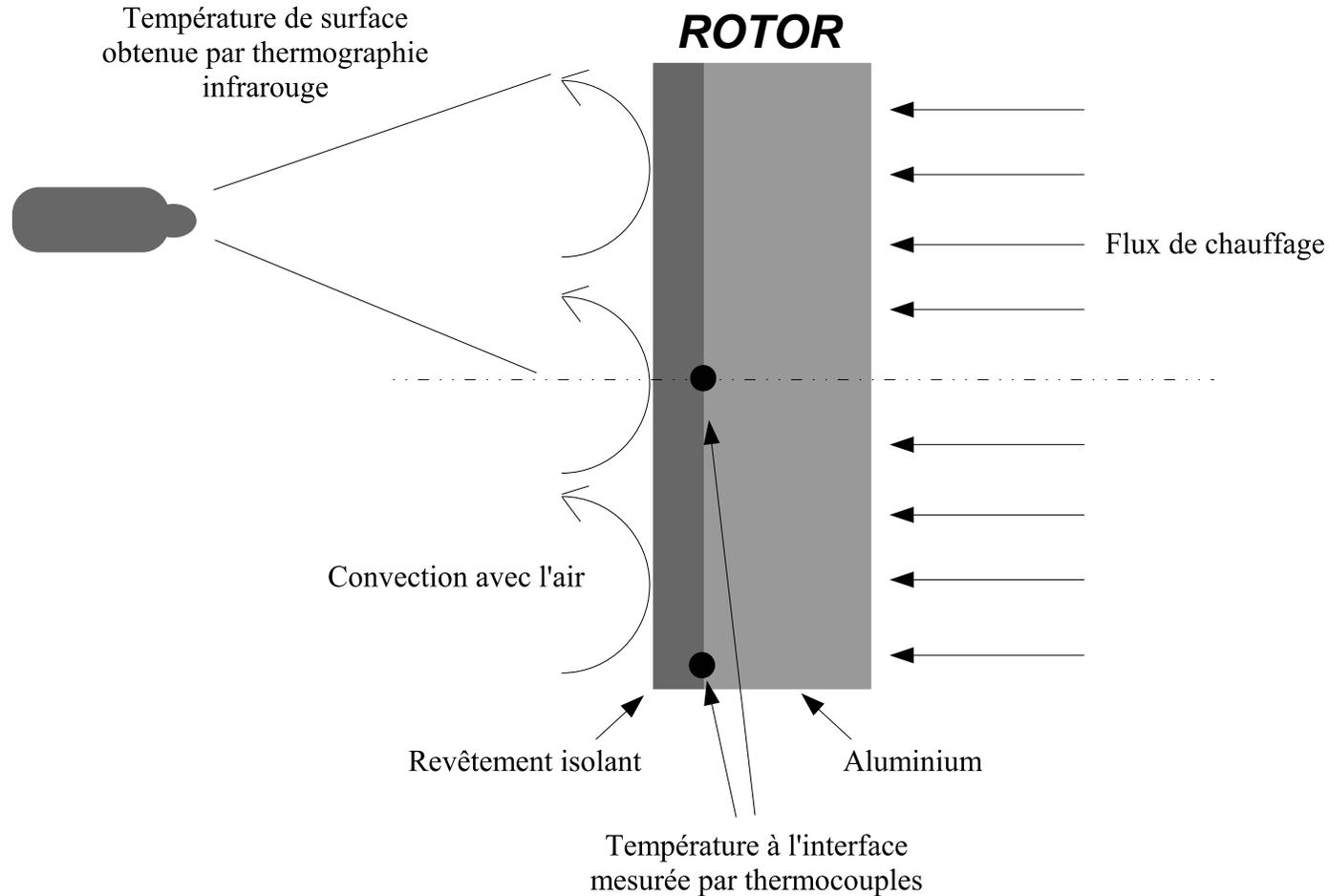
Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

- Introduction
- **Méthode utilisée pour la mesure du h**
- Description du banc expérimental
- Résultats – Interprétation
- Conclusion





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

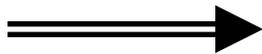
➤ *Aluminium*: homogénéisation des T_{inter}

➤ *Isolant*: $\Delta h(r)$ représentée par des $\Delta T_s(r)$

Equation de la chaleur dans l'isolant:
$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$$

Conditions aux limites: T_{inter} par thermocouples

$T_s(r)$ par caméra infrarouge



Flux conductifs dans l'isolant connus

Bilan de flux à la surface du rotor:
$$\varphi_{cv} = \varphi_{cd} - \varphi_{ray}$$



Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

- Introduction
- Méthode utilisée pour la mesure du h
- **Description du banc expérimental**
- Résultats – Interprétation
- Conclusion





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

Système rotor-stator discoïde avec jet

la similitude donne:

$$Nu_r = f(G, Re_r, Re_j)$$

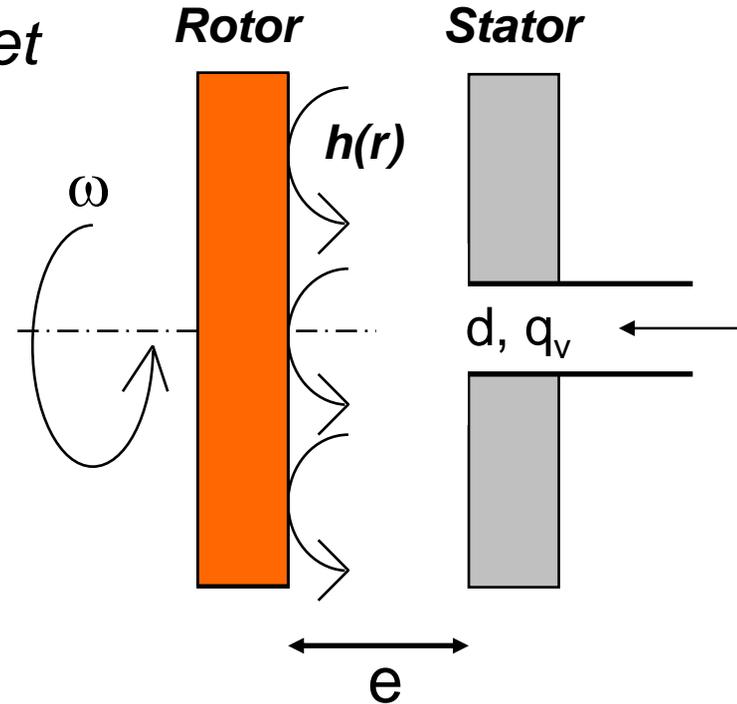
Avec:

$$Nu_r = \frac{h r}{\lambda_{air}}$$

$$G = \frac{e}{R_{ext}}$$

$$Re_r = \frac{\omega r^2}{\nu_{air}}$$

$$Re_j = \frac{4 q_v}{\pi d \nu}$$





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

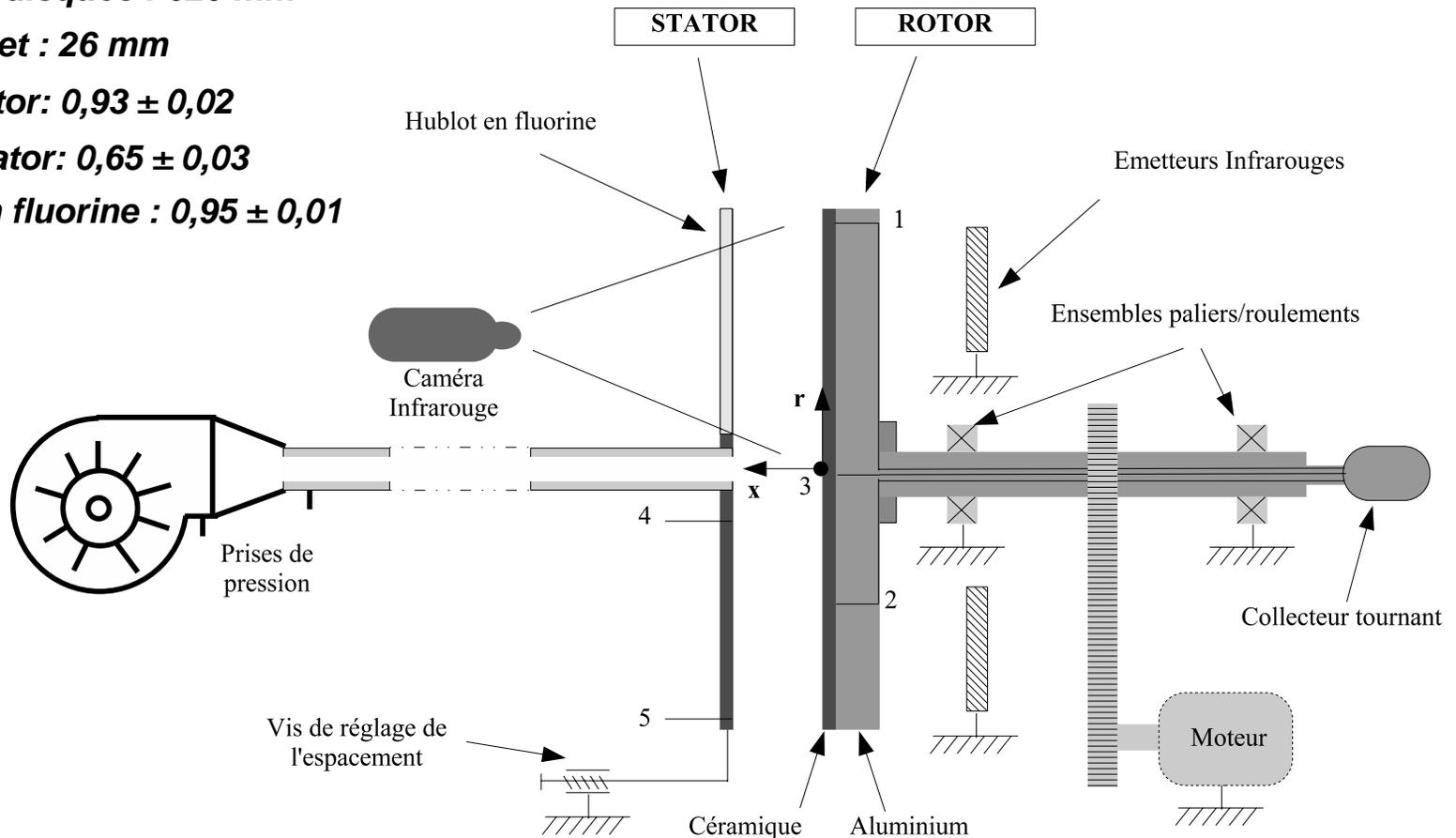
Diamètre des disques : 620 mm

Diamètre du jet : 26 mm

Emissivité rotor: $0,93 \pm 0,02$

Emissivité stator: $0,65 \pm 0,03$

Transmission fluorine : $0,95 \pm 0,01$



Validation en configuration Disque libre



Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

Bilan de flux à la surface du rotor: $\varphi_{cv} = \varphi_{cd} - \varphi_{ray}$

Avec:

$$\varphi_{cv} = h [T_s(r) - T_\infty]$$

$$\varphi_{cd} = -\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0}$$

$$\varphi_{ray} = \sigma \frac{F \varepsilon_r \varepsilon_s}{1 - F^2 (1 - \varepsilon_r)(1 - \varepsilon_s)} (T_s(r)^4 - T_{stator}^4)$$

où:
$$F = 1 + \frac{G^2}{2} - \sqrt{\frac{G^4}{4} + G^2 - 1}$$

Ainsi:

$$Nu_r = \frac{r}{\lambda_{air}} \frac{\varphi_{cd} - \varphi_{ray}}{T_s(r) - T_\infty}$$

Erreur relative: $\approx 12\%$



Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

- Introduction
- Méthode utilisée pour la mesure du h
- Description du banc expérimental
- **Résultats – Interprétation**
- Conclusion





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

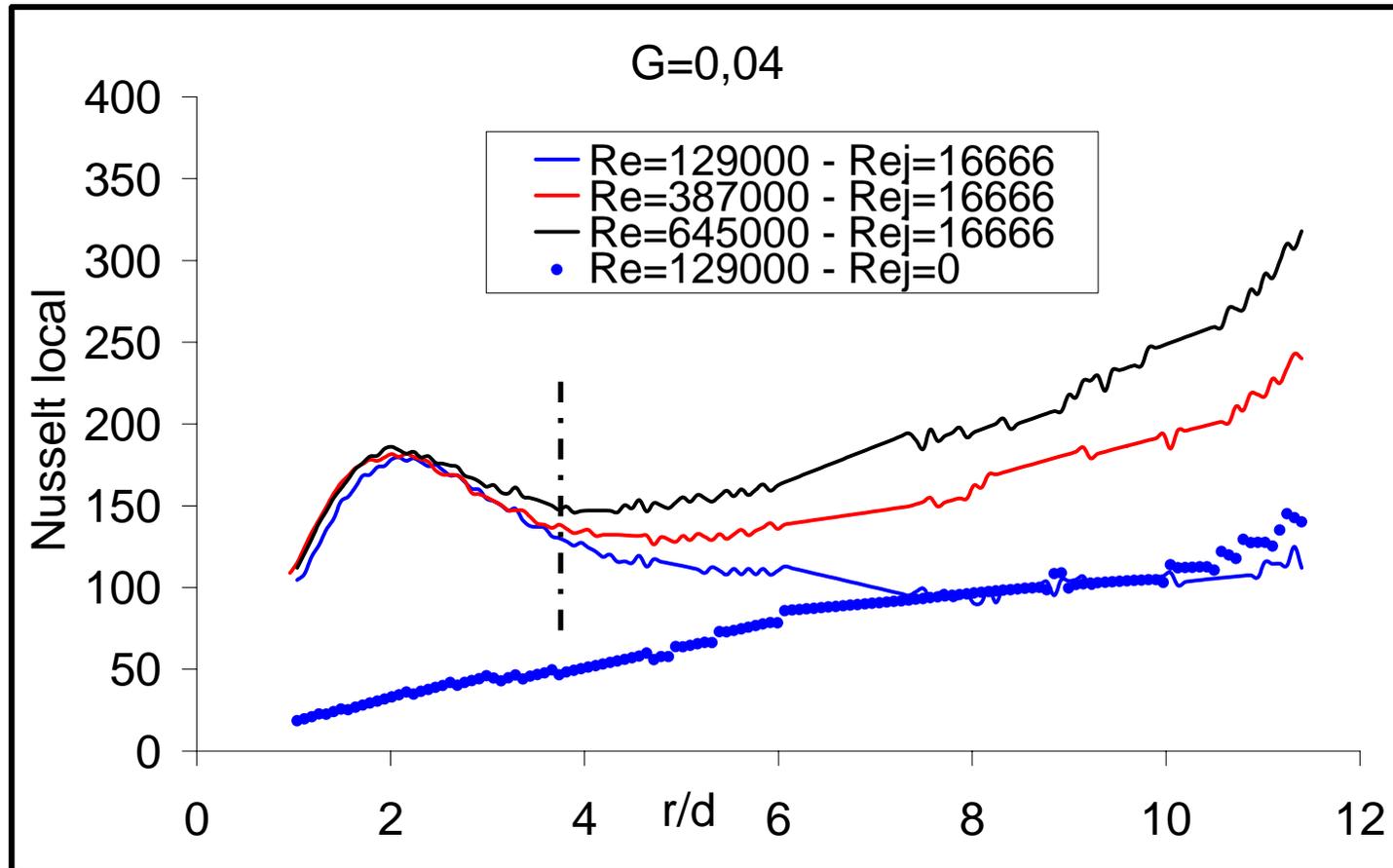
- $0,01 < G < 0,16$
- $0,2 \cdot 10^5 < Re(Re_{ext}) < 6,45 \cdot 10^5$
- $0 < Re_j < 41,6 \cdot 10^3$

-
- *Observation des Nusselt locaux*
 - *Observation des Nusselt moyens*
- } $f(G, Re_r, Re_j)$



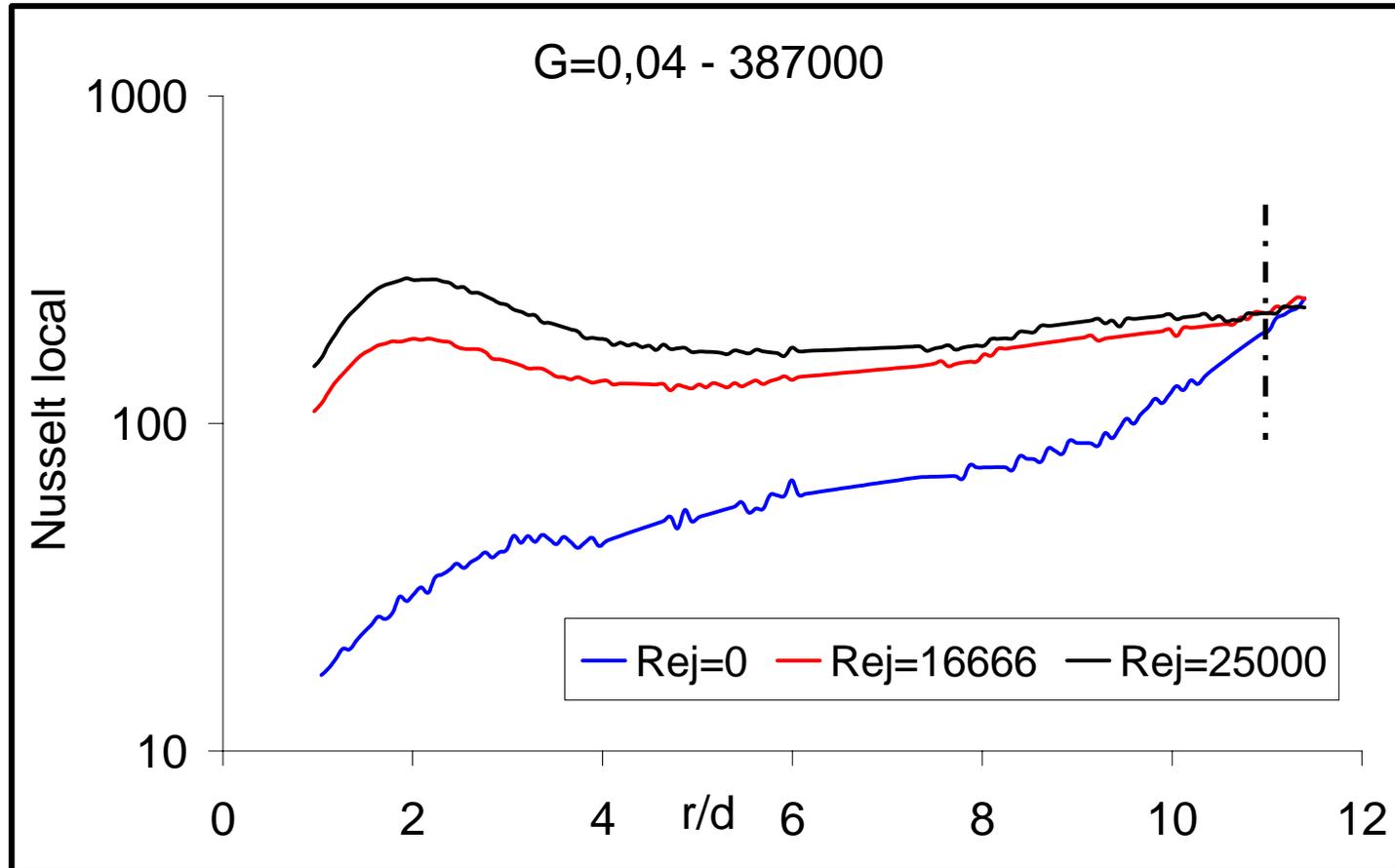


Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde



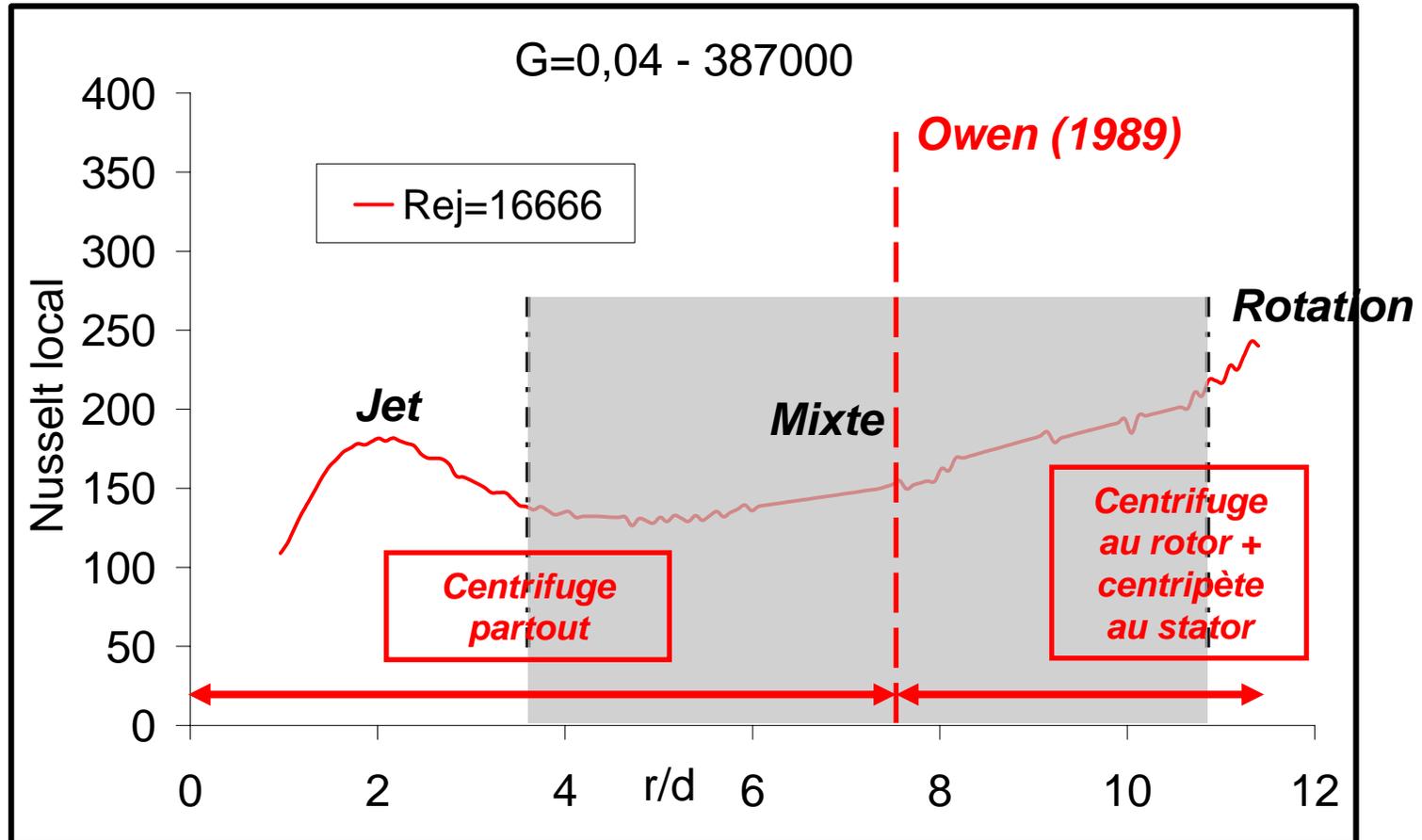


Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde



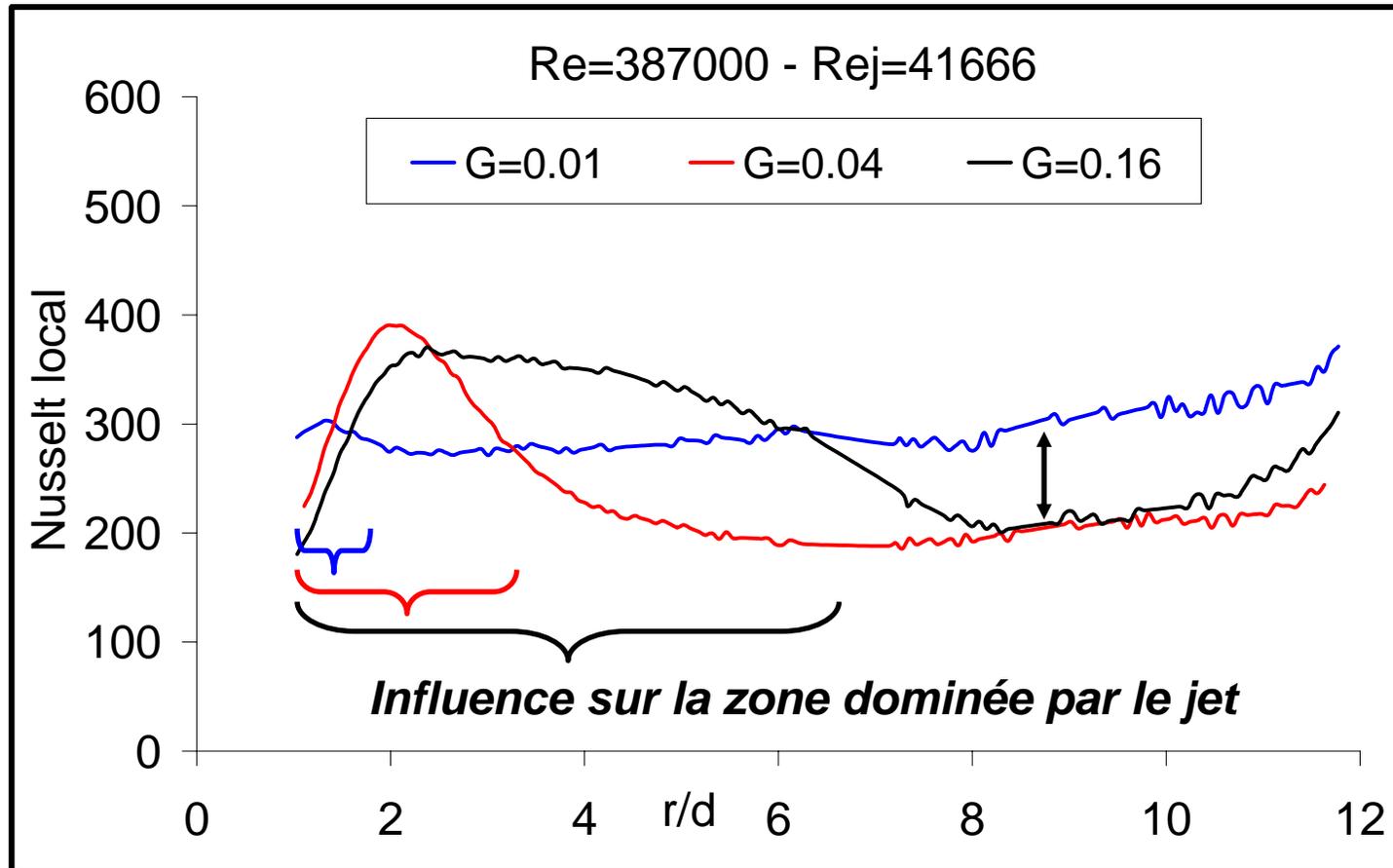


Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde



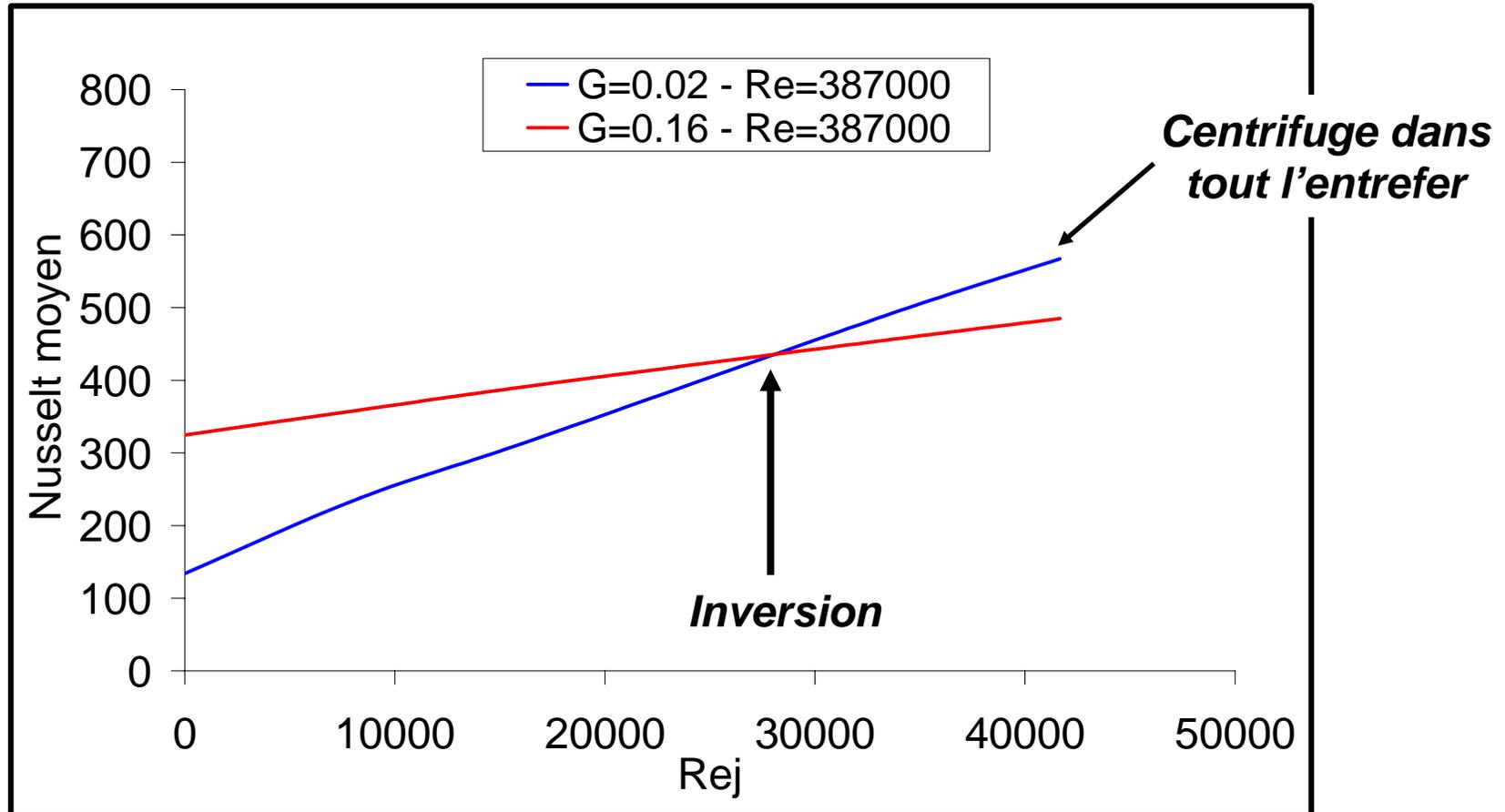


Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde



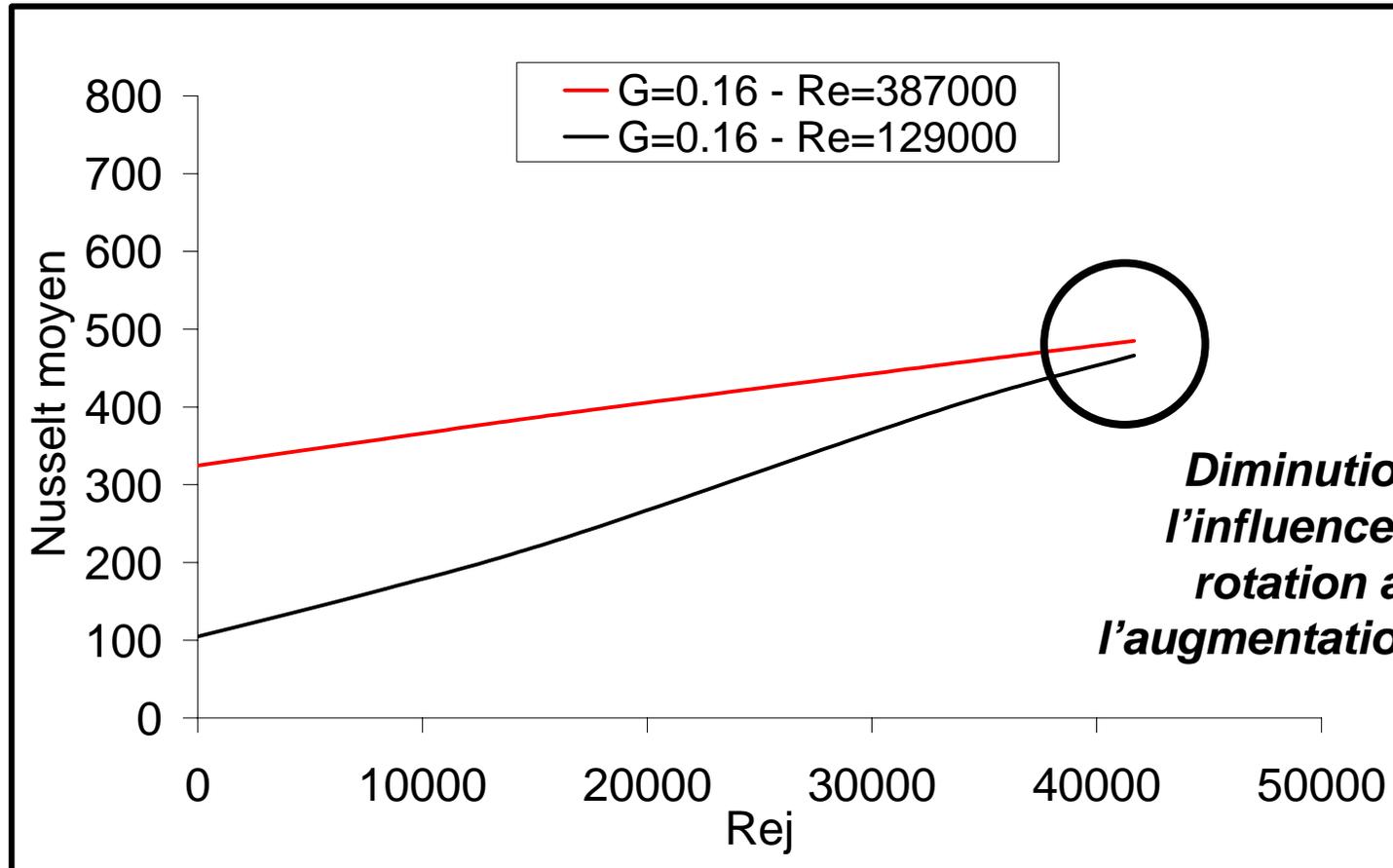


Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde



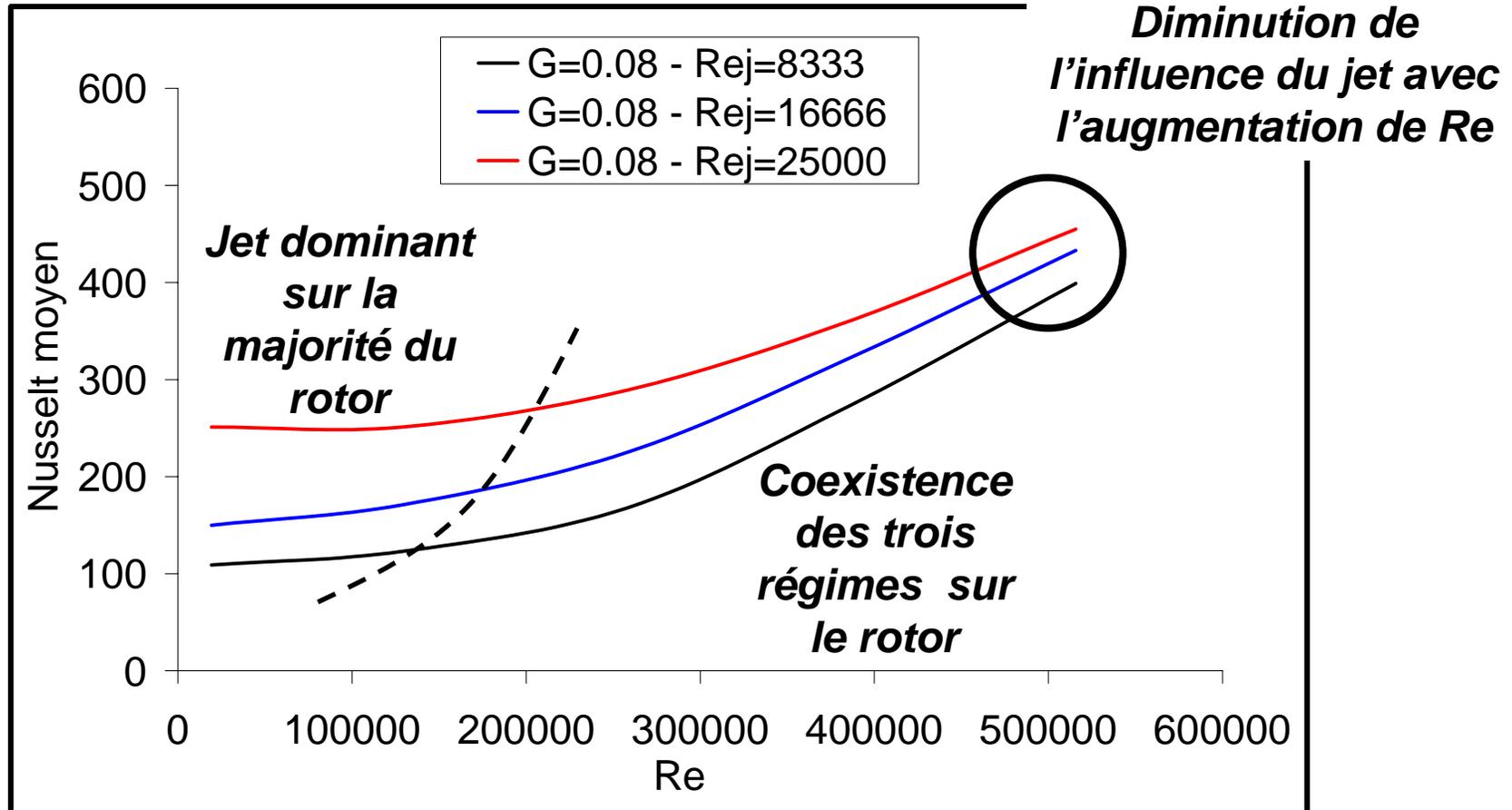


Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

- Introduction
- Méthode utilisée pour la mesure du h
- Description du banc expérimental
- Résultats – Interprétation
- **Conclusion**



Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

- Mise en place d'une méthodologie de mesure et d'un banc expérimental
- Validation en configuration disque seul
- Etude en configuration rotor-stator avec et sans jet
 - Trois aires d'influence à la surface du rotor (*thermique*)
 - Cohérence avec les écoulements (*Owen, 1989*)
 - Amélioration sensible des échanges





Influence d'un jet d'air sur le refroidissement d'un rotor de machine tournante de technologie discoïde

Perspectives

- Visualisation d'écoulements
 - Influence du diamètre d du tube
 - Modification de la géométrie du tube
-

Questions ?

