

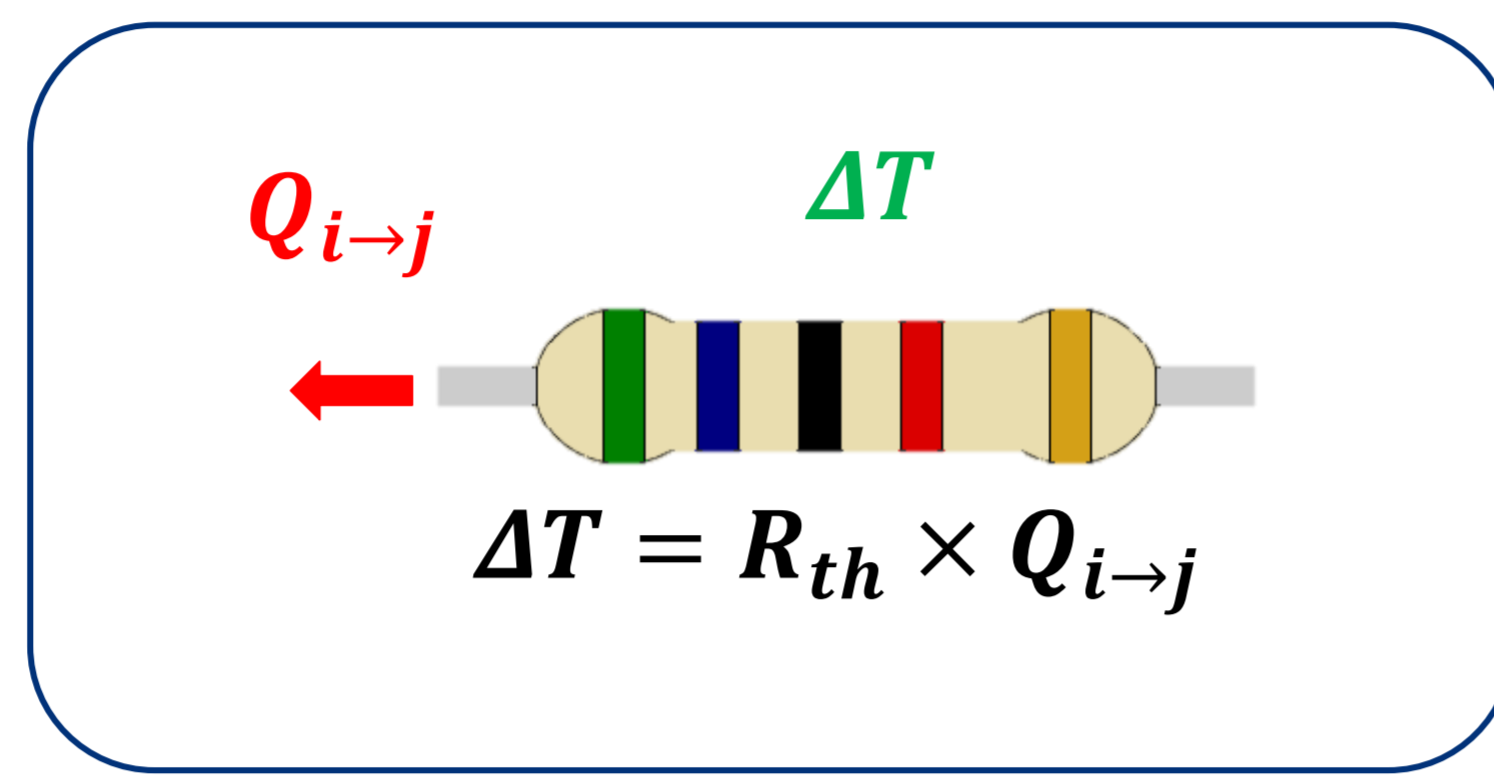
Contexte

- L'étude des **pertes de puissance**, souvent **dépendantes de la thermique** dans le cadre des systèmes lubrifiés, est primordiale dans un contexte de **sobriété énergétique**.
- Une meilleure **détection et prédiction des avaries** des systèmes mécaniques permet de répondre aux **enjeux sécuritaires** et de la **maintenance prédictive**.

Méthode des réseaux thermiques

Cette méthode, basée sur une analogie avec la loi d'Ohm a été largement développée sur les transmissions mécaniques par C.Changenet au LabECAM :

| |
|--|
| Loi de Fourier : |
| $\Delta T = Q \cdot R_{th}$ |
| Flux de chaleur : Q [W] |
| Différence de température : ΔT [K] |
| Résistance thermique : R_{th} [K/W] |



Le système à modéliser est discrétisé en **éléments isothermes**. Les éléments sont liés entre eux par des **résistances thermiques** adaptées au type d'échanges (convection, conduction, rayonnement). La géométrie des éléments est simplifiée afin d'appliquer des **lois de thermiques simples**. Afin de calculer la température des éléments du réseau, le premier principe de la thermodynamique est appliqué :

$$M_i c_i \frac{dT_i}{dt} = Q_i + \sum_{j=i,j \neq 1}^n \frac{T_j - T_i}{R_{th}(i,j)}$$

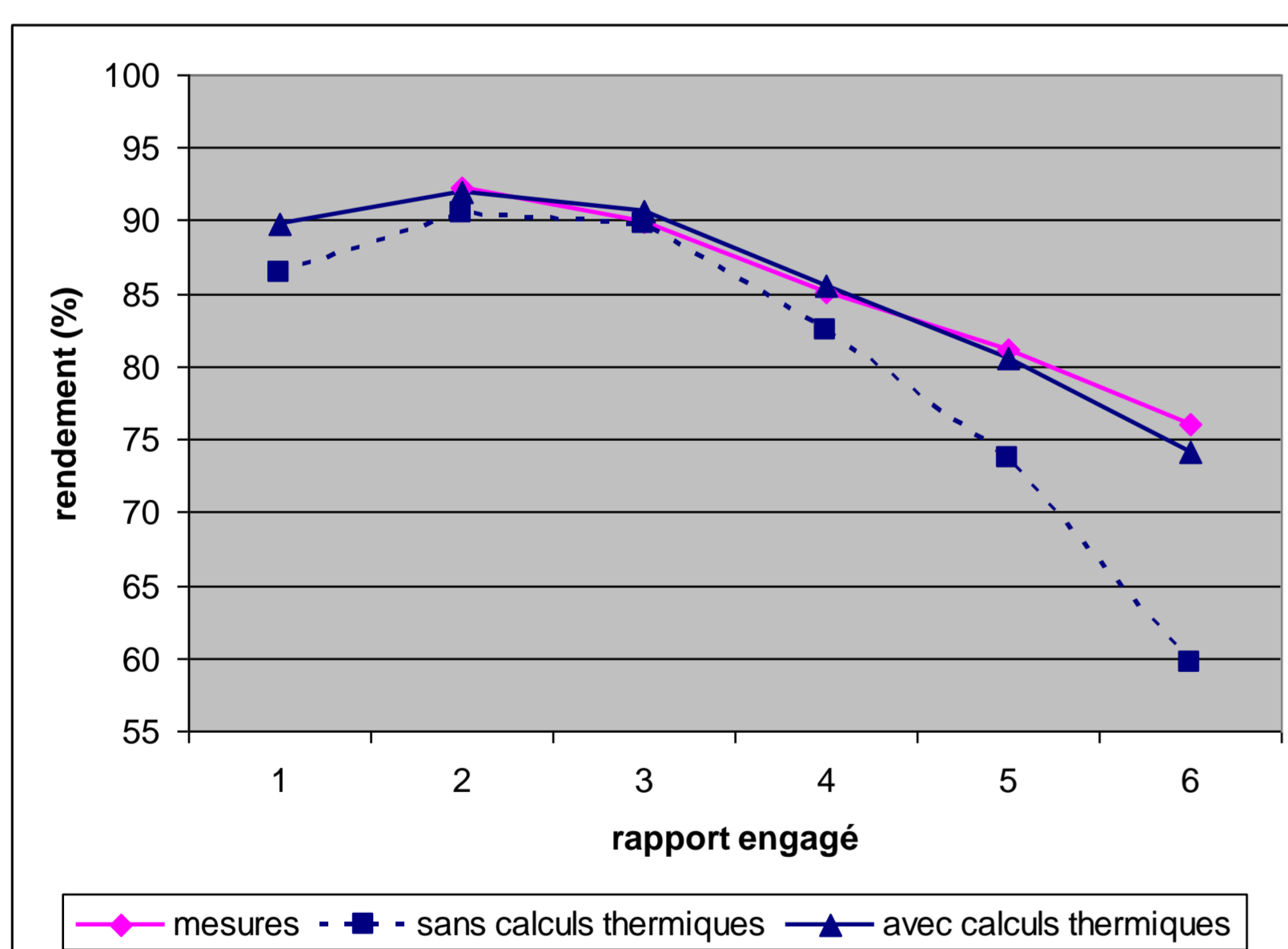
C.Changenet, X.Oviedo-Marlot, P.Velex (2006) «Power loss predictions in geared transmissions using thermal networks-Applications to a six-speed manual gearbox», Journal of Mechanical Design, 128(3), pp. 618-625

Etude de la thermique pour mieux estimer les pertes de puissance

HDR de C. Changenet, Doctorat de A. Nerouth, 2016 et de C. Fossier 2018

Au sein des systèmes mécaniques, une grande partie du lubrifiant sert à drainer les **calories thermiques**

Les **pertes mécaniques liées aux effets visqueux** (barbotage, trainée dans l'huile...) doivent donc prendre en compte la thermique pour être correctement modélisées



HDR de C.Changenet, *Analyse du comportement thermique de systèmes pour agir sur l'efficacité énergétique*, 2012

Méthode inverse : Estimation d'une répartition de perte à partir d'une mesure de couple

Doctorats J. Durand de Gevigney, 2013; de J-B Boni, 2020 et de R.Quiban, 2020

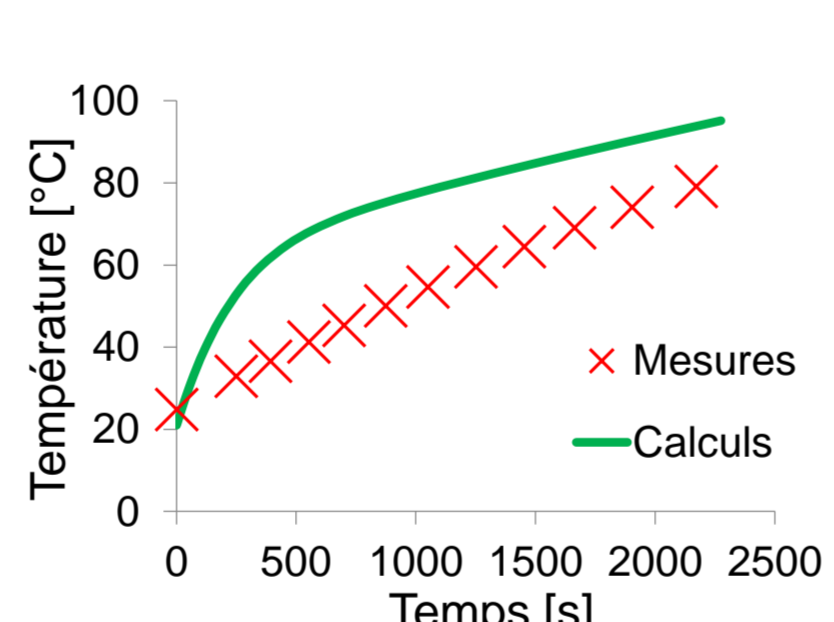
Les bancs d'essais sont souvent instrumentés avec des mesures de **couple de pertes** totales et de **températures**

Certaines pertes sont **mécaniquement indissociables** (ex : pertes aux roulements et pertes à l'engrènement)

La méthode inverse permet d'estimer une répartition de pertes à partir de la réponse thermique du système

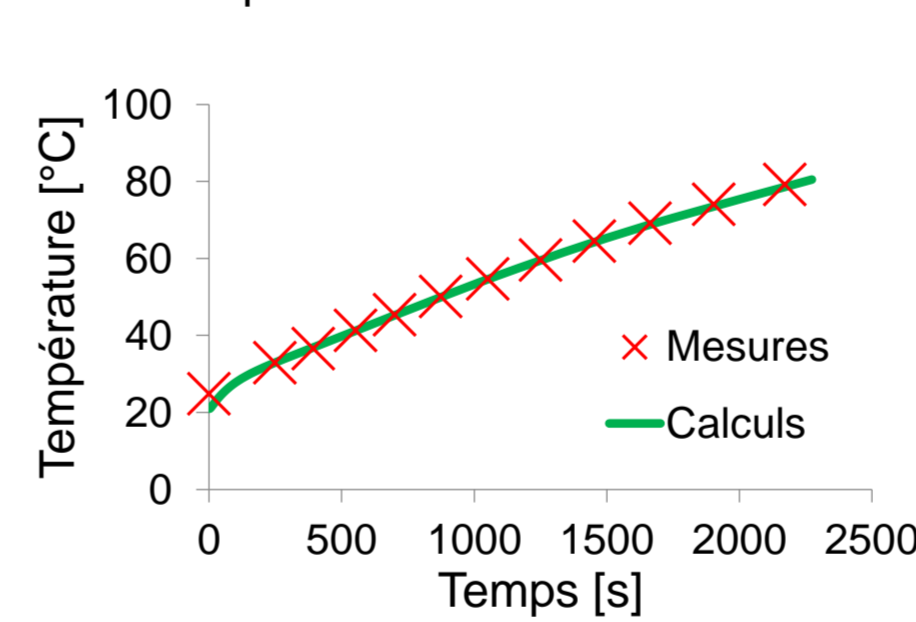
Comparaison entre le comportement thermique mesuré et calculé

Si les réponses sont **différentes** :



La répartition de perte testée n'est pas représentative de la réalité.

Si les réponses sont **similaires** :



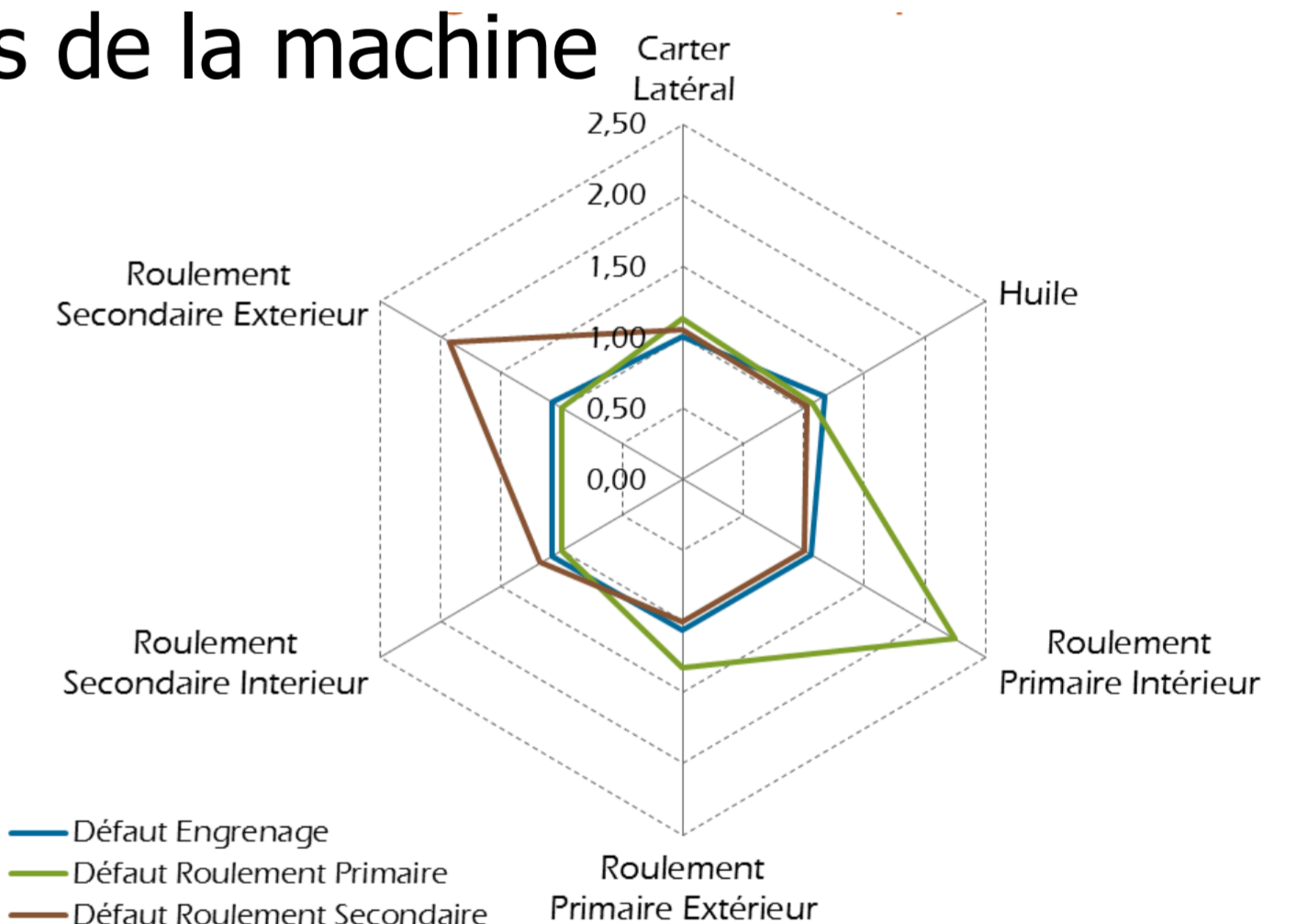
La répartition des pertes testée est validée.

Poster de J. Durand de Gevigney, *Analyse de la répartition des pertes de puissances indépendantes de la charge dans un train épicycloïdal*, 2013

Health monitoring : détection et signature thermique des avaries

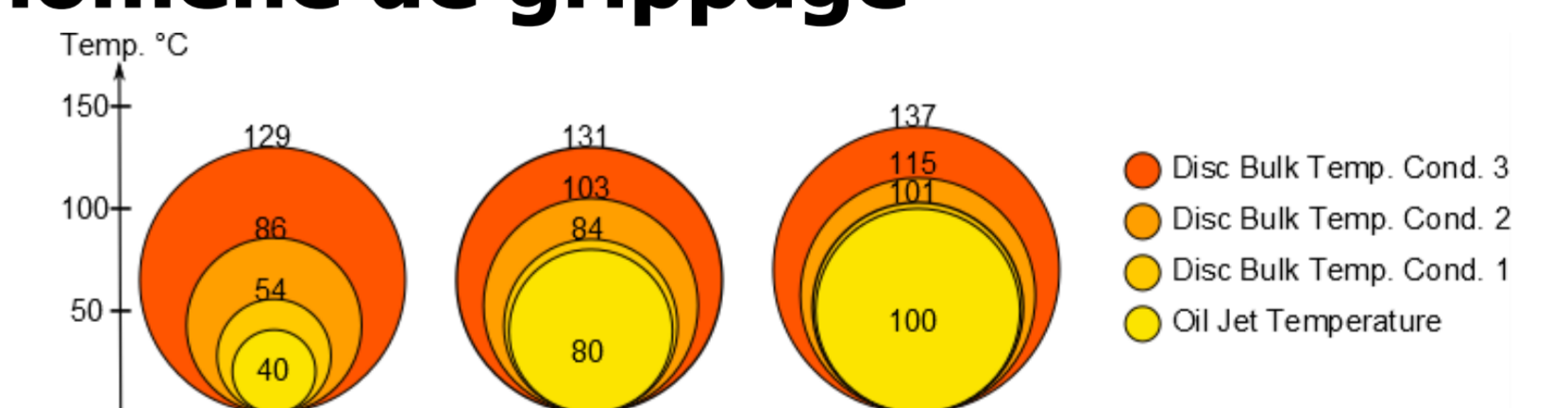
Doctorat de T. Touret, 2019 et de G. ISAAC, 2018

Les endommagements de type **écaillage** et **micro-écaillage** sur les roulements et les engrenages sont détectables par mesure thermique sur les différents organes mécaniques de la machine



Manuscrit de thèse de T.Touret, *Health Monitoring : impact thermique d'un défaut dans une transmission par engrenage - application aéronautique*, 2019

L'estimation des **températures de masse** a permis de mieux prendre en compte la thermique dans la **modélisation du frottement** et de comprendre davantage le **phénomène de grippage**



Poster of G.Isaac for STLE conference, *Thermal investigation on scuffing using a twin-disc machine*, 2015

Travaux en cours

- Doctorat de P. Navet, début en 2018 : Application de la méthode inverse pour l'estimation du **coefficient de frottement entre les dentures** en barbotage et en condition de sous-alimentation
- Doctorat de N. Grenet de Bechillon, début en 2019 : Estimation de la température de contact pour l'établissement d'un **critère de grippage**

Principaux partenaires des études

