



■ Conception et mise au point d'un essai de fatigue en pied de dent d'engrenage

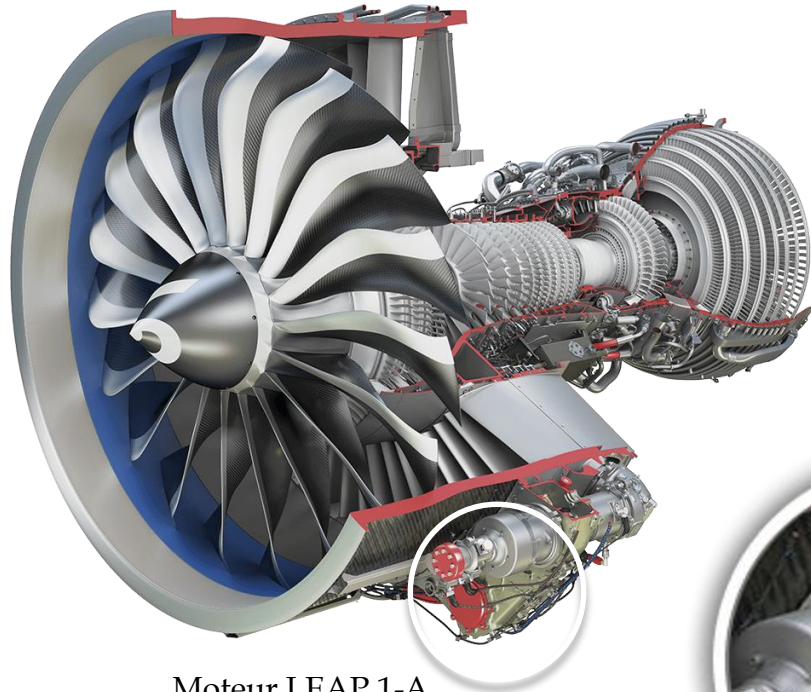
Omar Hrouchi / Mastère DMS 2015-2016

Encadrement CdM : A. Köster, V. Maurel

Encadrement Safran Tech : S.Thibault, O. Delcourt



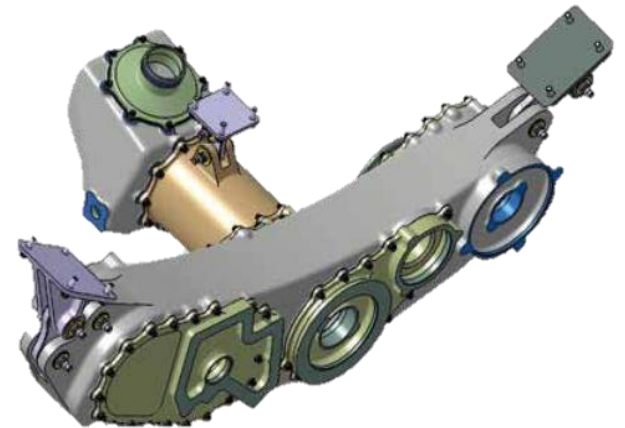
- Contexte
- Problématique
- Fatigue en flexion des engrenages
- Etudes dans le même cadre
- État d'avancement



Moteur LEAP 1-A

Compromis

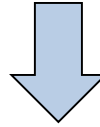
- Augmenter la Durée de vie
- Supporter plus de charge



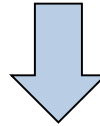
Accessory Drive Train



Augmenter la résistance à l'usure



Traitements de cémentation et de nitruration



- Couche de contact durcie
- Contraintes résiduelles pour limiter l'initiation des fissures

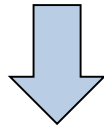


Augmenter la résistance à la fatigue

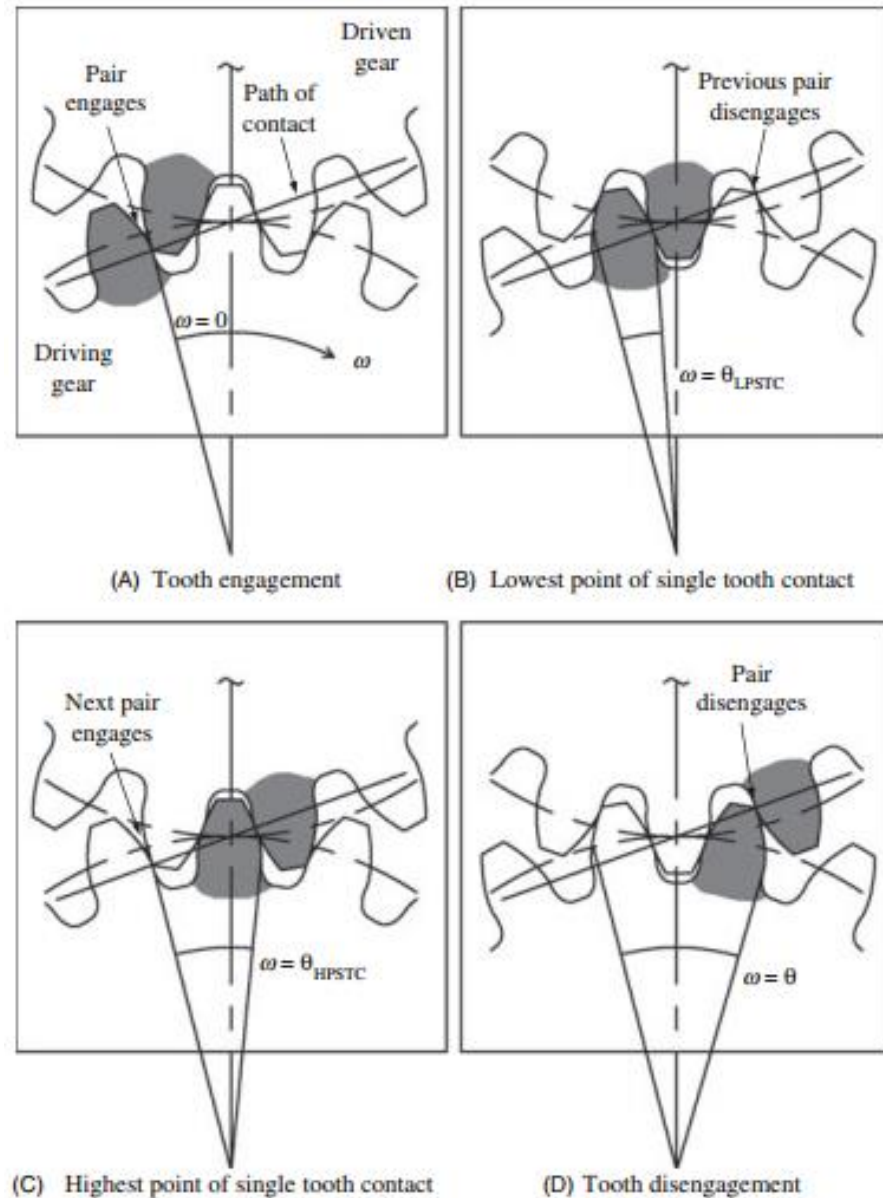
Essai de fatigue en pied de dent des engrenages

Fatigue en flexion

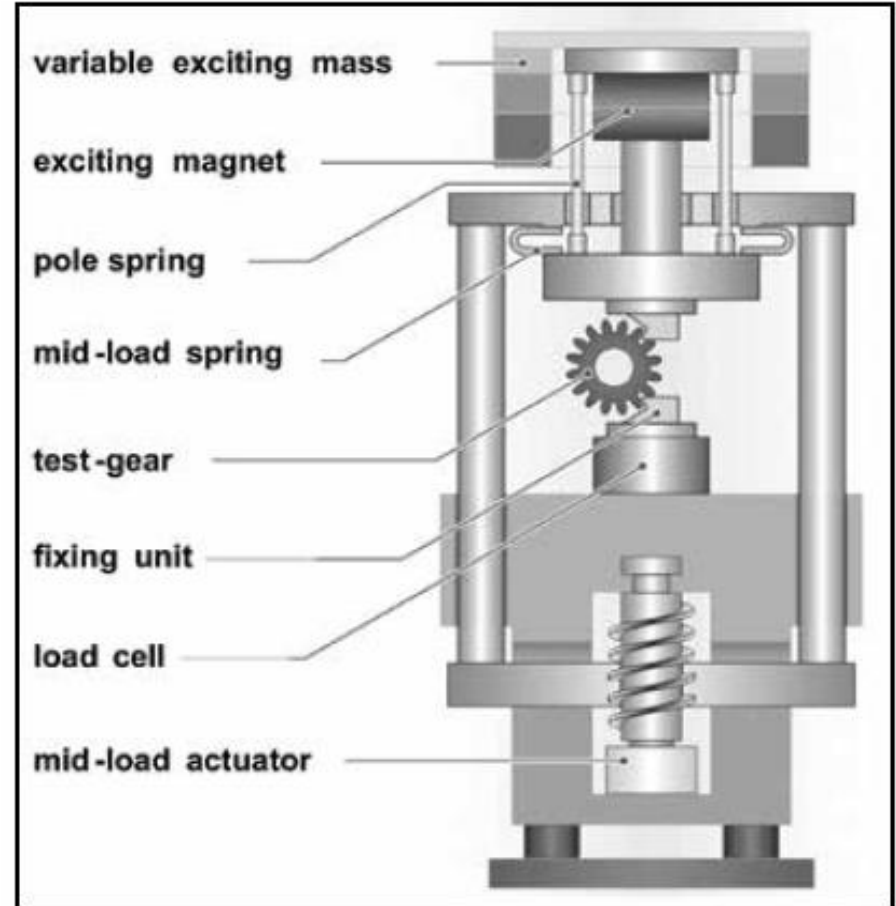
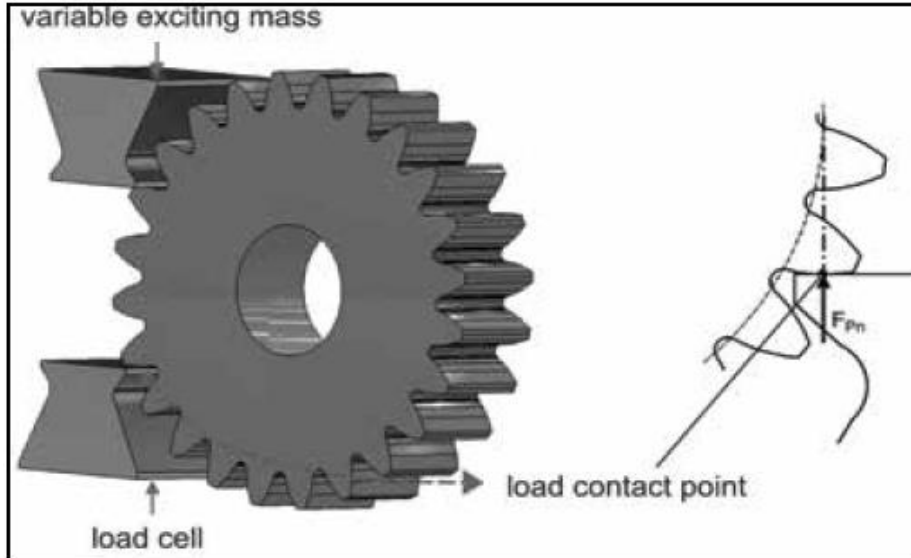
Le plus haut point de contact (HPSTC)
= Dernier point de contact



Le point le plus chargé
durant l'engrènement :
**Produit l'état de contrainte
maximale au niveau du pied
de dent**



Centre de recherche en engrenages Université technique de Munich (FZG) [2010]



- Chargement de deux dents au plus haut point de contact jusqu'à rupture
- Fréquence entre 50Hz et 100Hz

Etude de la fatigue en flexion des engrenages

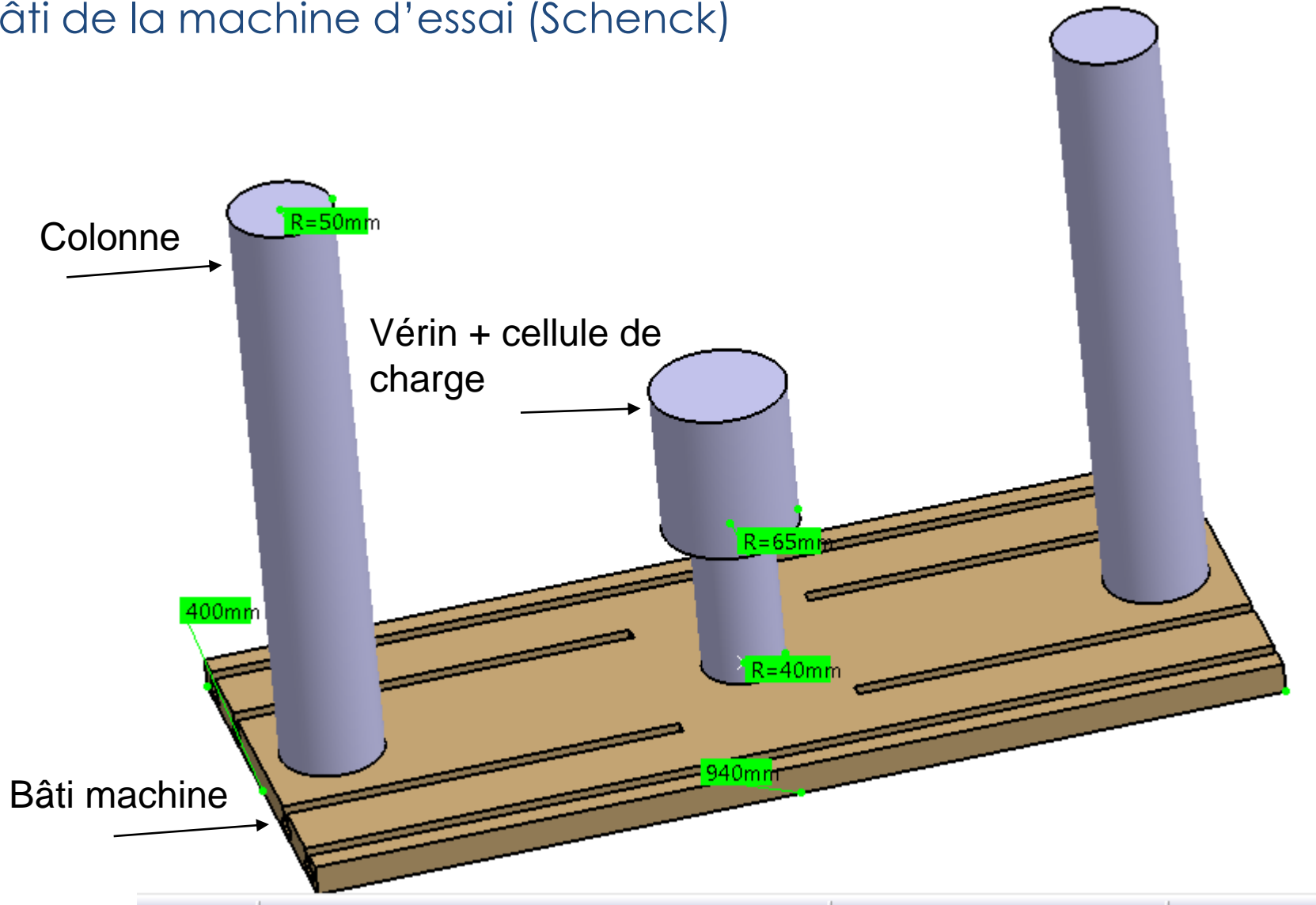
Référence	a_0 (mm)	Méthodologie	Caractéristiques des roues
Jelaska (2003)	0.1	a_{th}	acier 42CrMo4 trempé
Jelaska (2005)	0.2	a_{th} avec $\Delta K_{th, eff}$	acier AISI 4142
Glodez (2002)	0.1	a_{th}	acier 42CrMo4 trempé
Blarasin (1997)	0.1	arbitraire	acier 18CrMo4 et carburée
Guagliano (2001a)	0.05	expérimental	acier 18CrMo4
Lewicki (2002)	0.26	arbitraire	non spécifié
Lewicki (1997)	0.2032	arbitraire	acier AISI 9310
Flasker (1995)	0.8	épaisseur surface durcie	acier trempé en surface
Pehan (1995)	0.2	arbitraire	acier 20MnCr5
Abersek (2004)	-	a_{th}	acier AISI 4130 et nitrurée
Ural (2005)	1.27	arbitraire	acier AISI 9310
Kato (1993)	0.004 - 0.02	a_{th} expérimental	acier SCM415 et carburée
Inoue (1995)	0.04 - 0.15	a_{th} expérimental	acier SCM415, carburée et grenillée
Kramberger (2004)	0.2	arbitraire	acier 42CrMo4

- Essais/configurations essentiellement de type NASA et FZG
- Nombreuses géométries et matériaux testés
- Différents critères de rupture mais confirment une fissuration en pied de dent

Cahier des charges SAFRAN

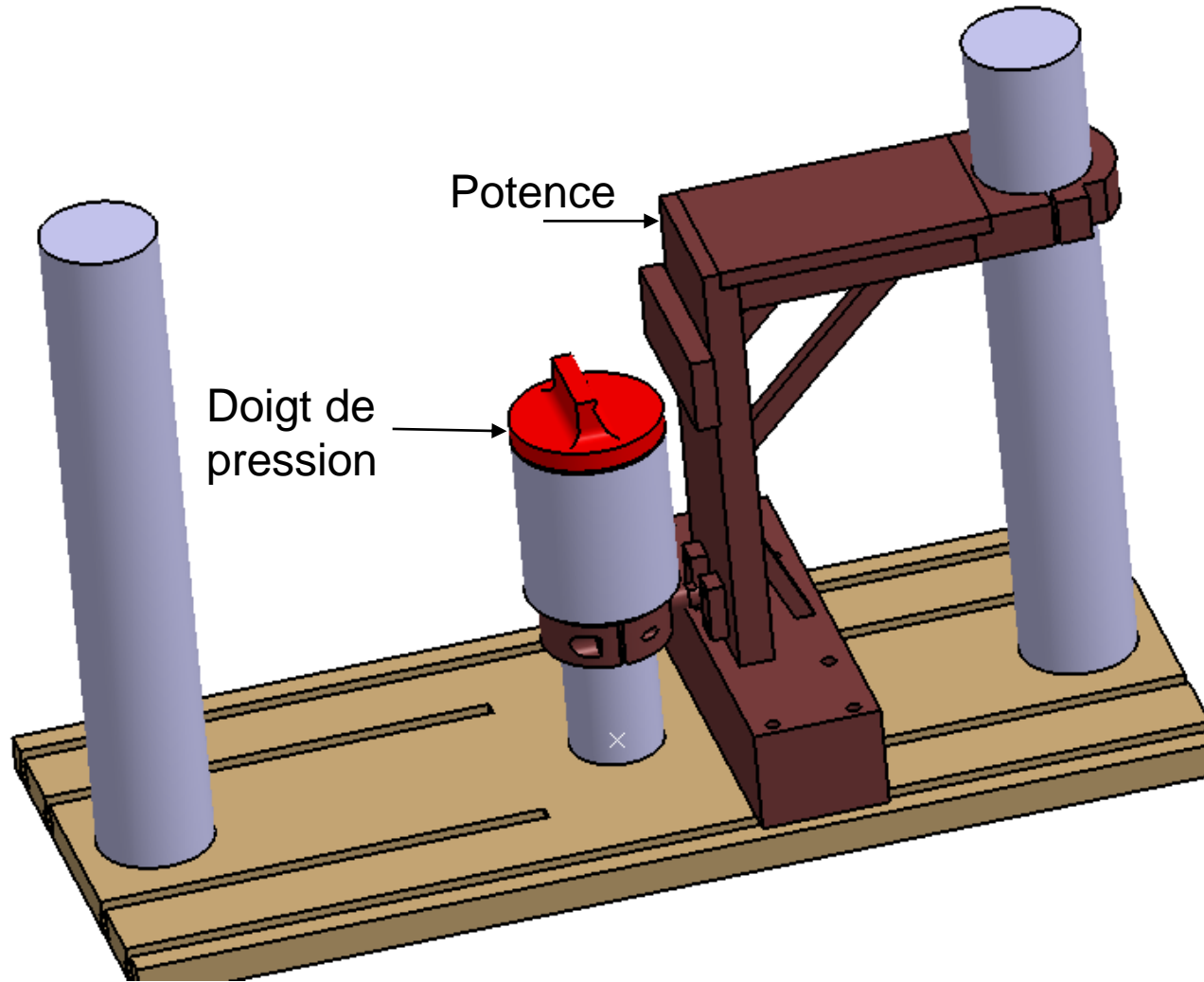
- Adaptable sur une machine de fatigue hydraulique existante au CdM (Schenck hydraulique/160kN)
- Sollicitations en :
 - Flexion monotone d'une dent jusqu'à rupture
 - Fatigue d'une dent jusqu'à rupture
- Application de la charge au niveau du plus haut point de contact unique
- Essai sur :
 - Pignon 22 dents
 - Roue 59 dents
- Matériau : 16NCD13
- Possibilité de rupture au minimum 1 dent sur 3 d'un même pignon

Bâti de la machine d'essai (Schenck)



Solutions proposées :

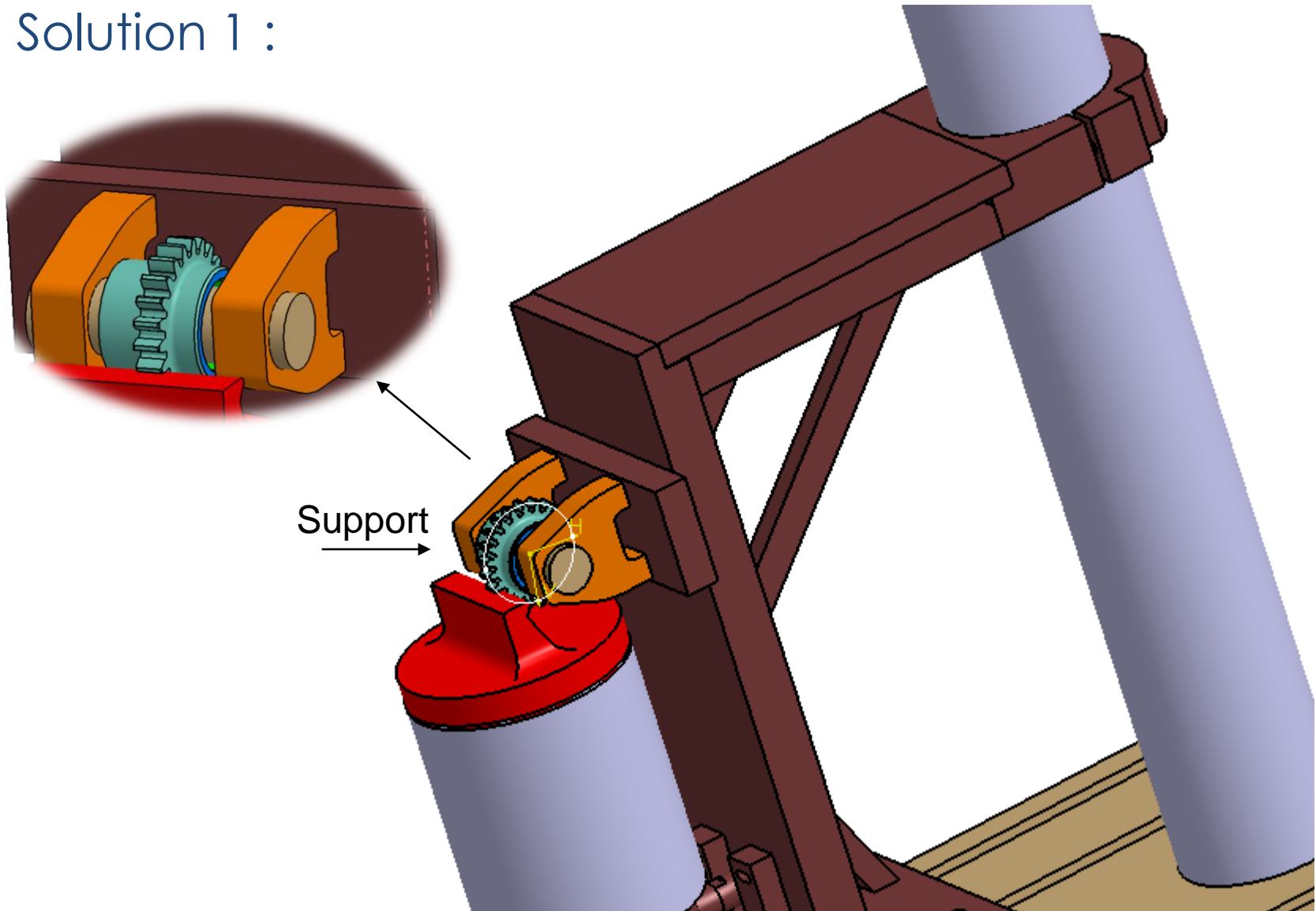
Solution 1 :



Remarque : cette solution utilise une potence existante [travaux de thèse de M. Leroy 2013]

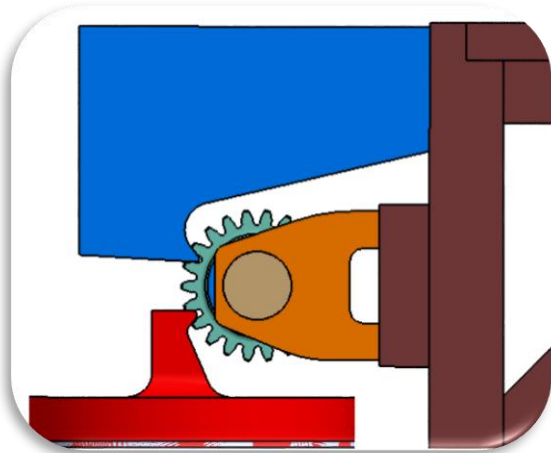
Solutions techniques :

Solution 1 :

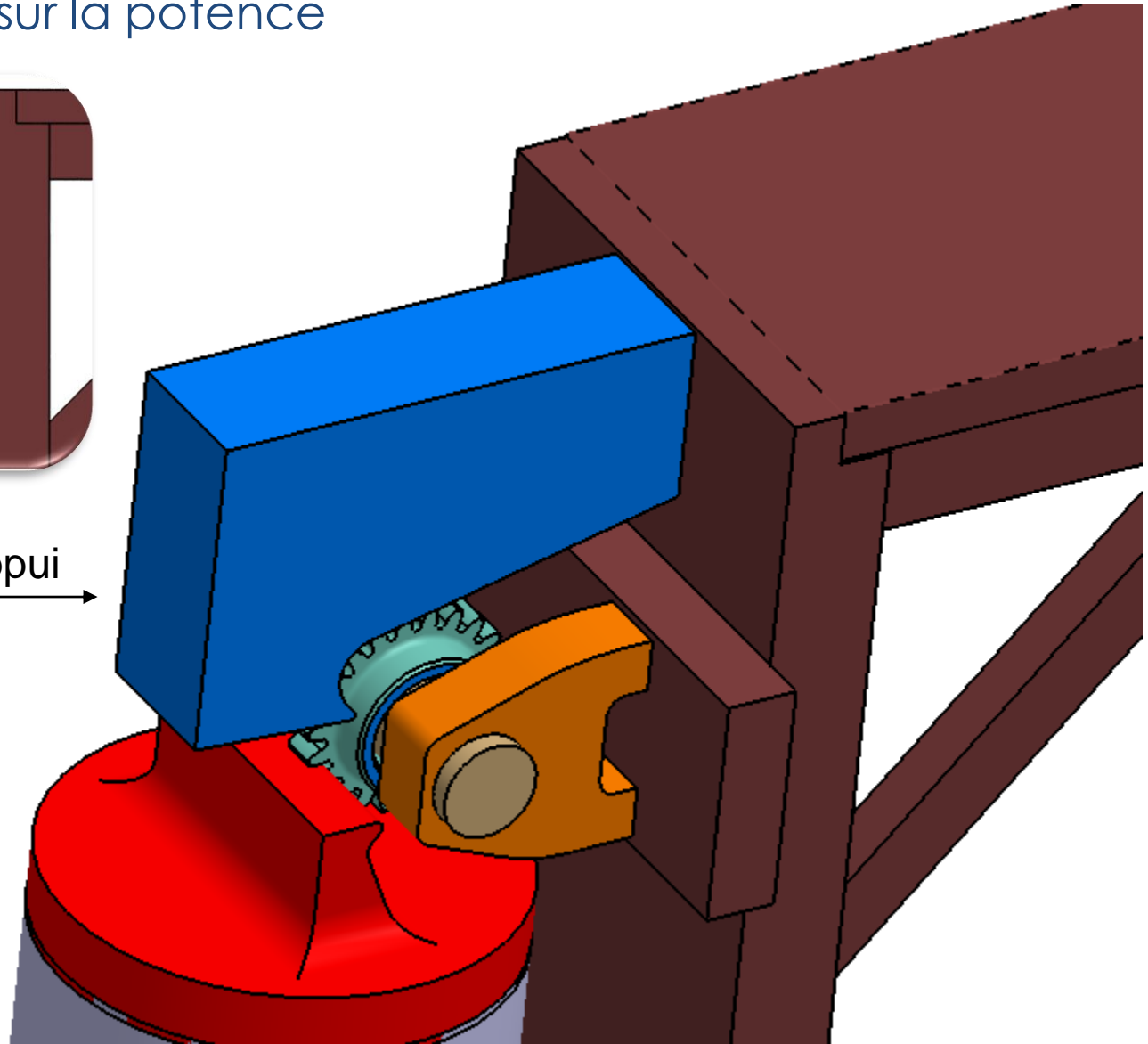


Solution 1 :

Appui encastré sur la potence

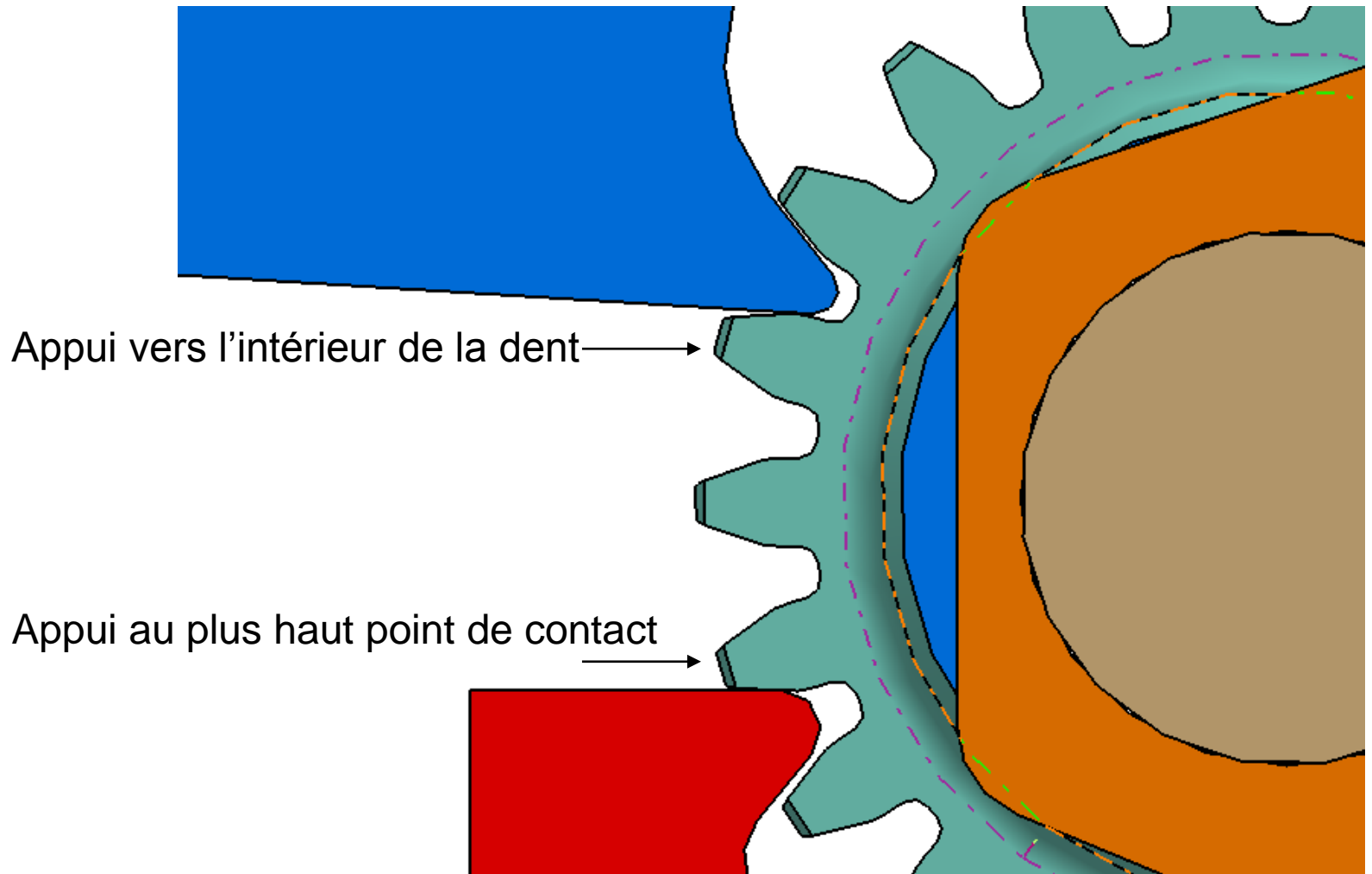


Appui
→

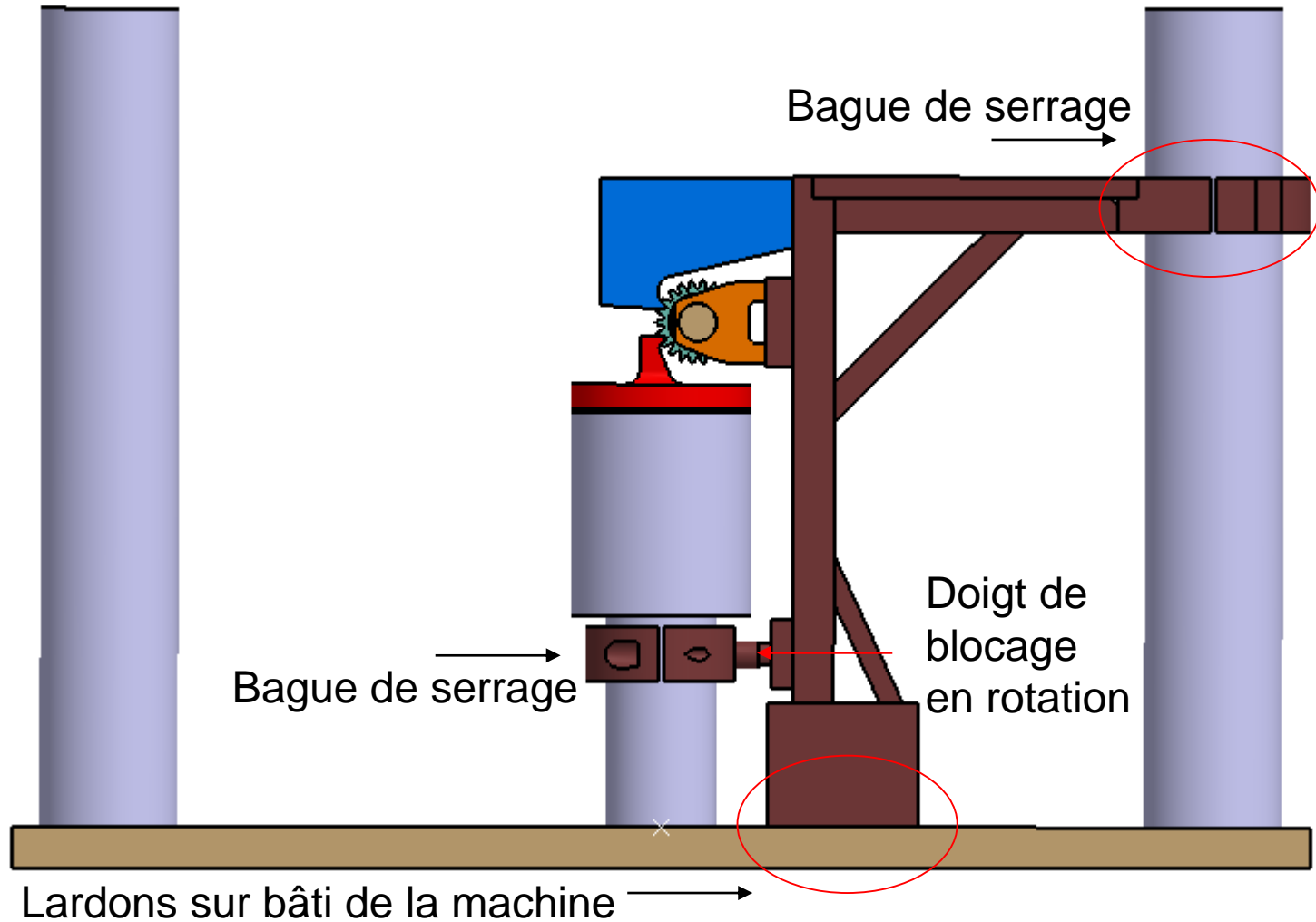


Solution 1 :

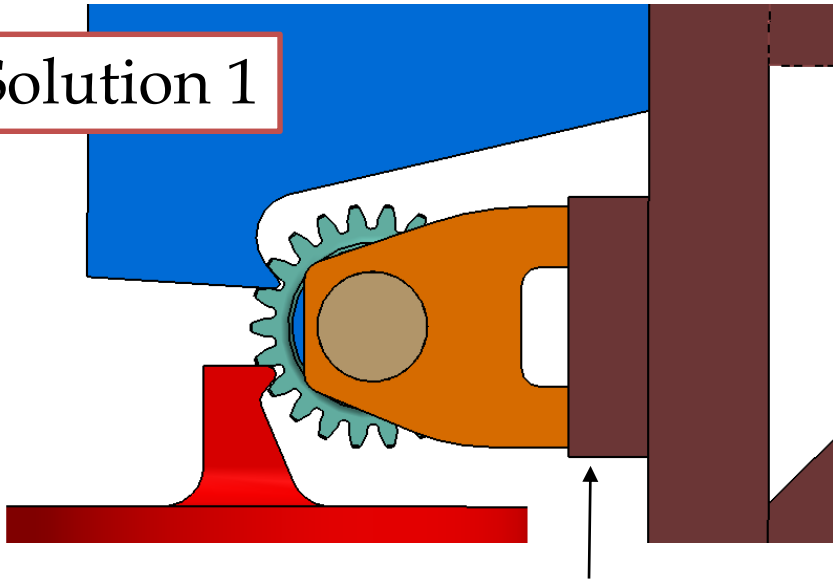
Contact sur les dents :



Encastrement de la Potence :



Solution 1

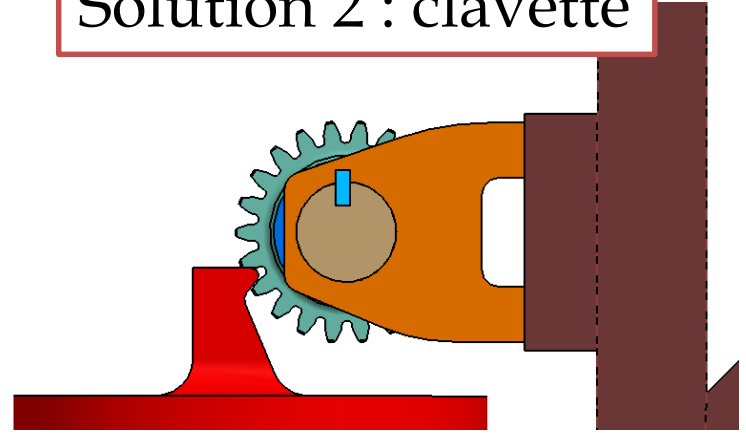


Choix de la dent par rotation du pignon

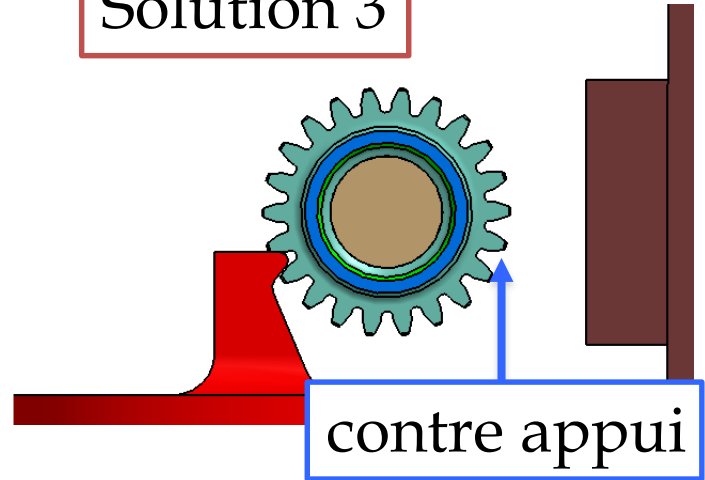
Réglage en translation

→ Dimensionnement critique des appuis, des chapes et de la potence!

Solution 2 : clavette

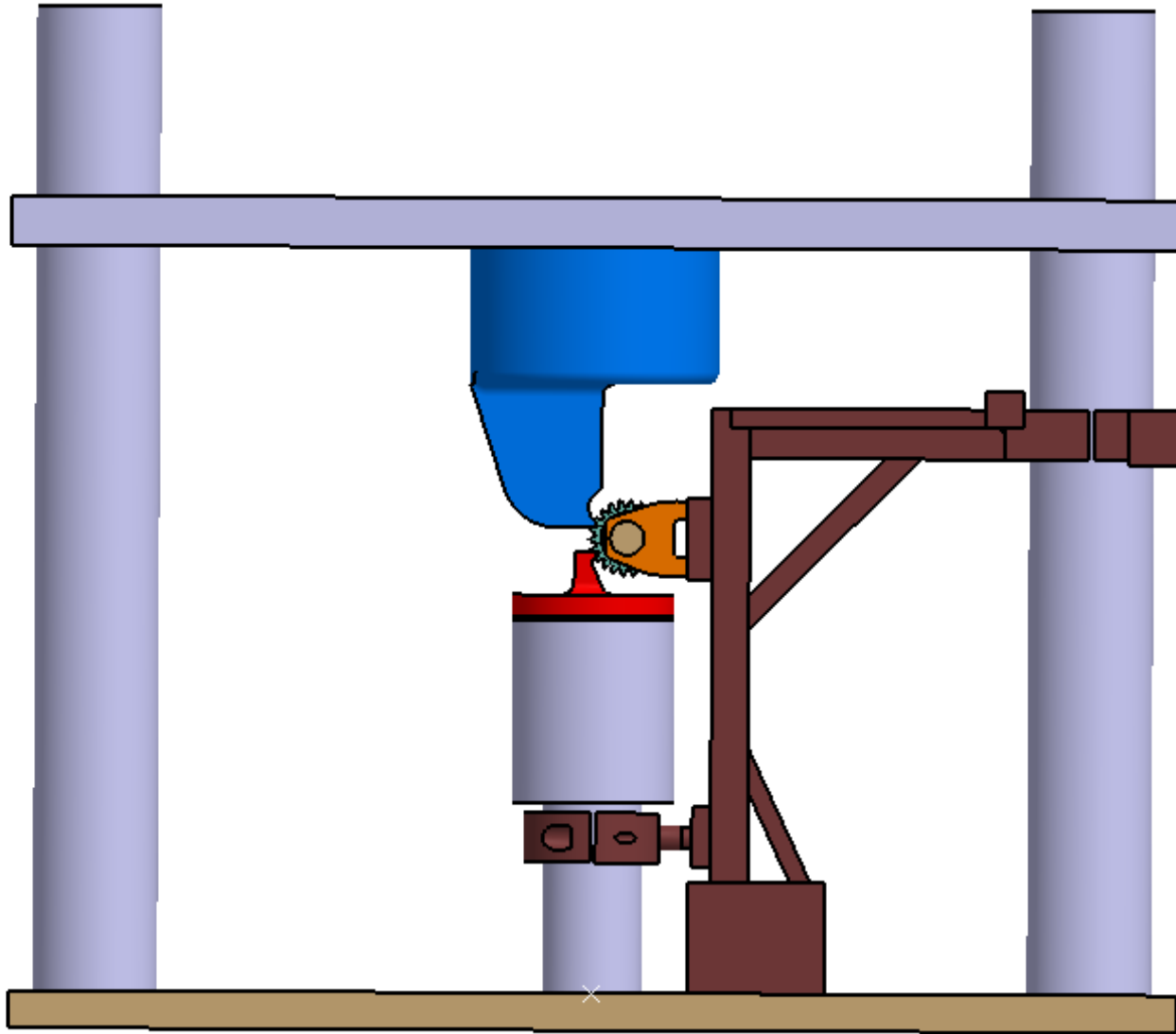


Solution 3



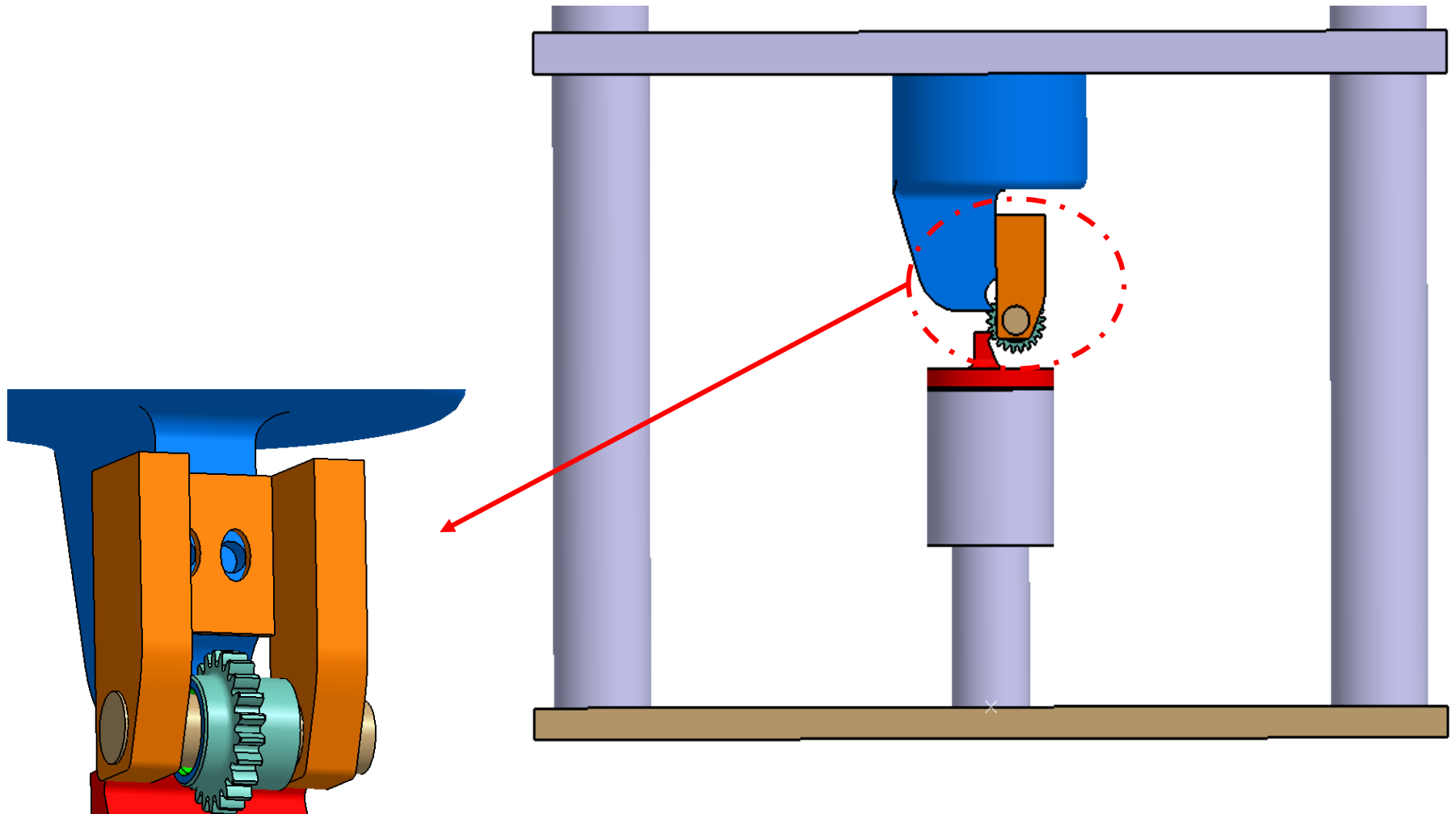
Solution 4

Montage du contre-appui sur la traverse fixe:



Solution 5

Les chapes sont solidaires au contre-appui



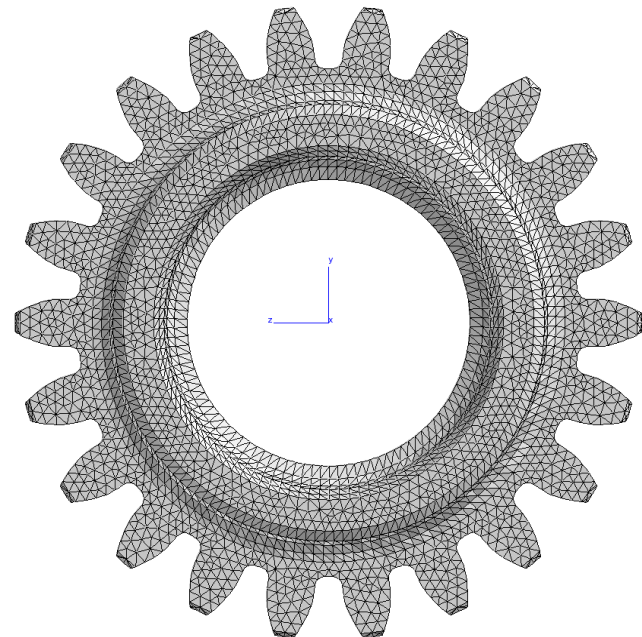
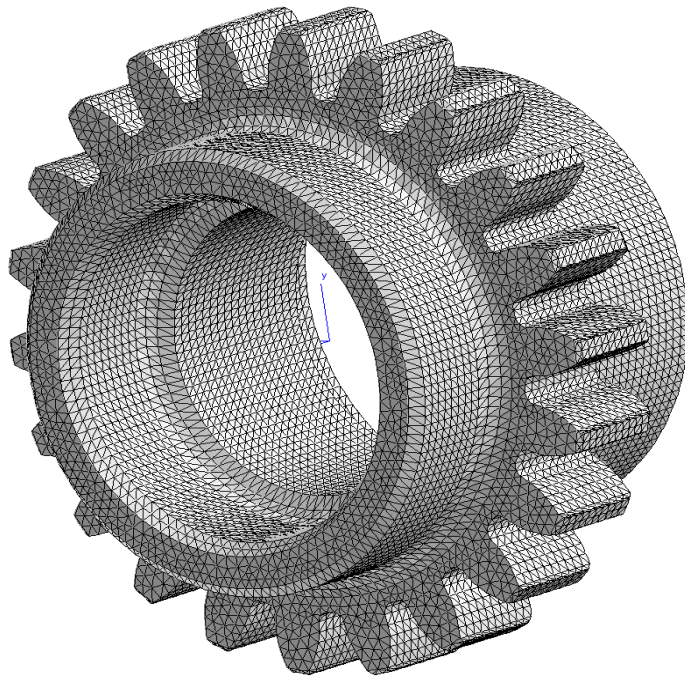
	Avantages	Inconvénients
Solution 1	<ul style="list-style-type: none"> Fissuration de 1 dent sur 2 Visibilité de la zone de fissures pour les 2 dents sollicitées 	<ul style="list-style-type: none"> Besoin d'un appui
Solution 2	<ul style="list-style-type: none"> 1 dent sollicitée à la fois Possibilité de fissurer toutes les dents 	<ul style="list-style-type: none"> Axe subit les contraintes (dimensionnement de clavette)
Solution 3	<ul style="list-style-type: none"> Fissuration de 1 dent sur 2 	<ul style="list-style-type: none"> Manque de visibilité sur la dent en appui
Solution 4	<ul style="list-style-type: none"> Fissuration de 1 dent sur 2 Visibilité de la zone de fissures pour les 2 dents sollicitées Profiter de la rigidité de la machine 	
Solution 5	<ul style="list-style-type: none"> Fissuration de 1 dent sur 2 Visibilité de la zone de fissures pour les 2 dents sollicitées Profiter de la rigidité de la machine Éliminer le besoin d'une potence 	<ul style="list-style-type: none"> Besoin d'un Système de réglage de la chape avec l'appui

Objectifs

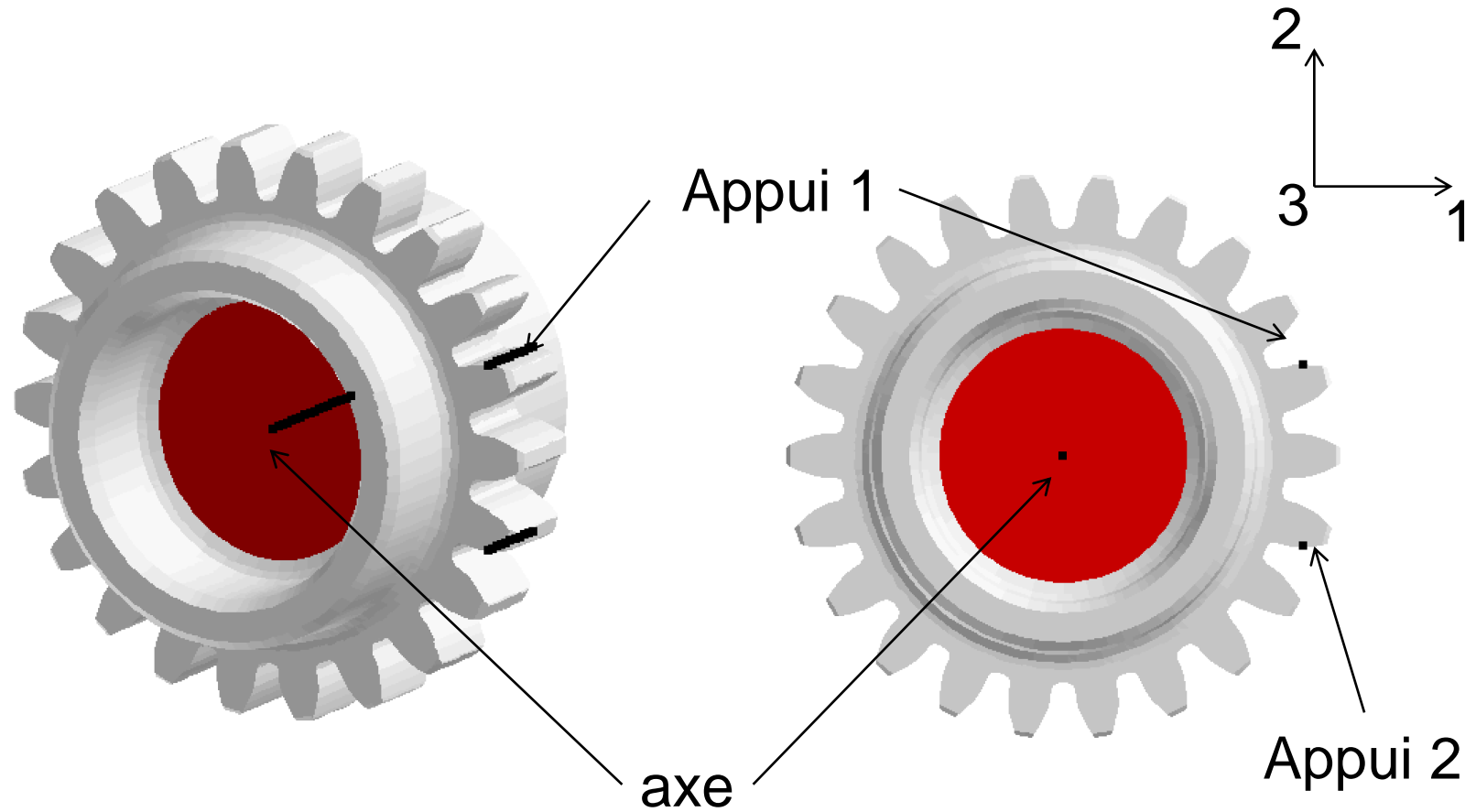
Maitrise des conditions d'essai

Voir l'influence sur l'état de la
contrainte maximale

Maillage de l'engrenage (22 Dents) : importé depuis maillage Abaqus sans remaillage
147777 dof / tétraèdres linéaires

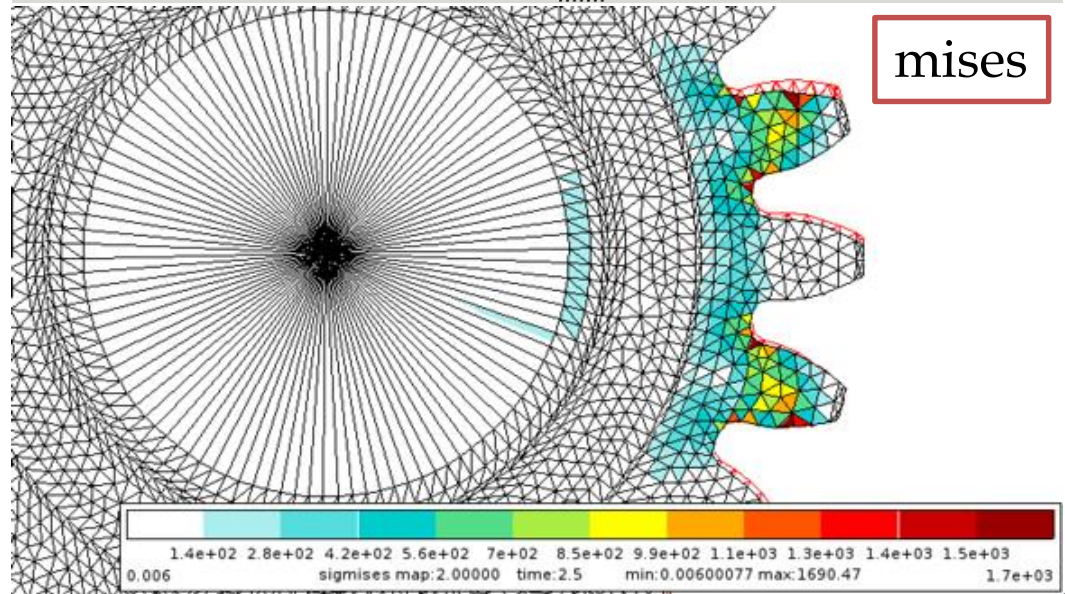
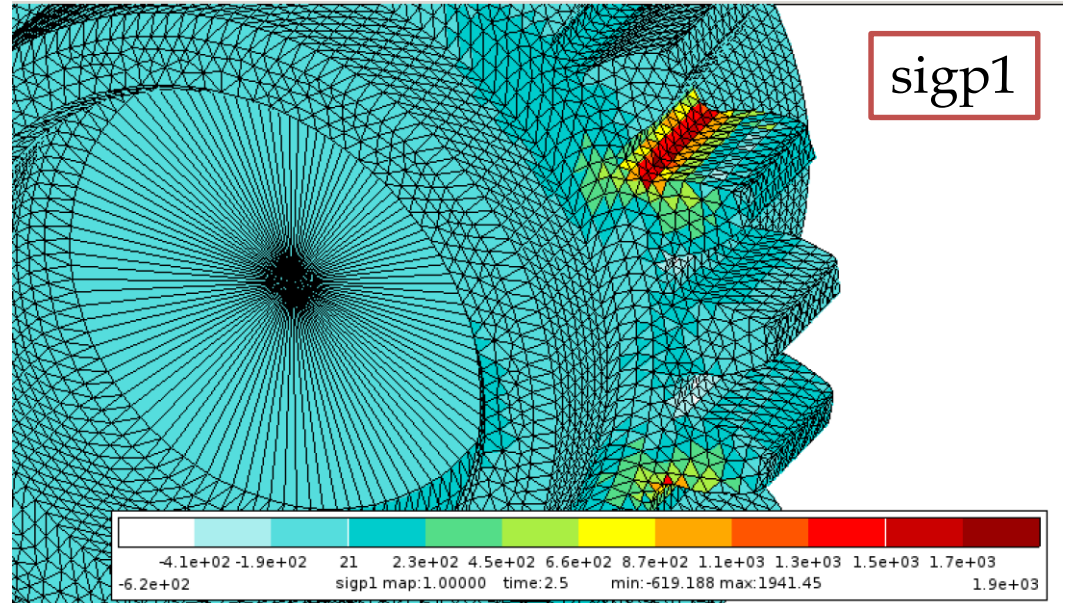


Conditions aux limites

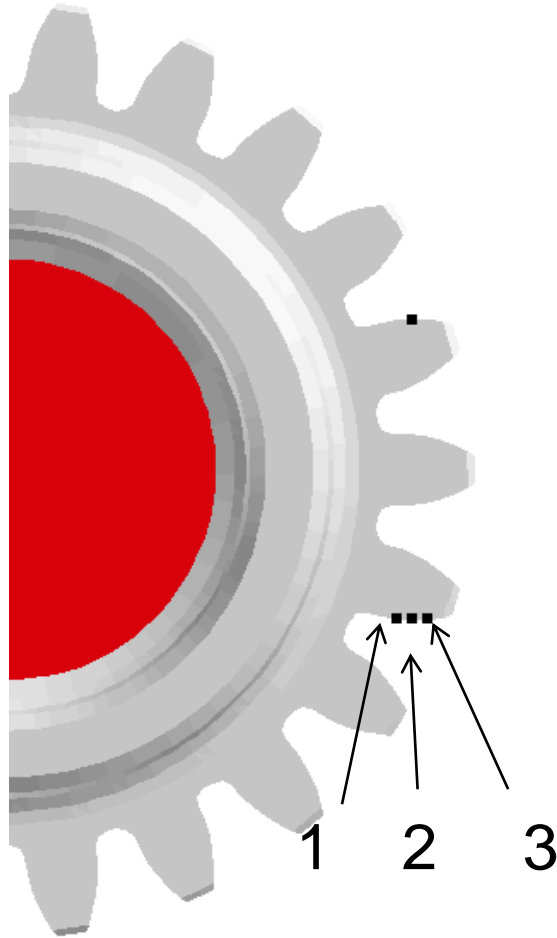


- Axe $U1$ et $U2 = 0$
- Appui 1 déplacement cyclique suivant $U2$
- Appui 2 $U2 = 0$

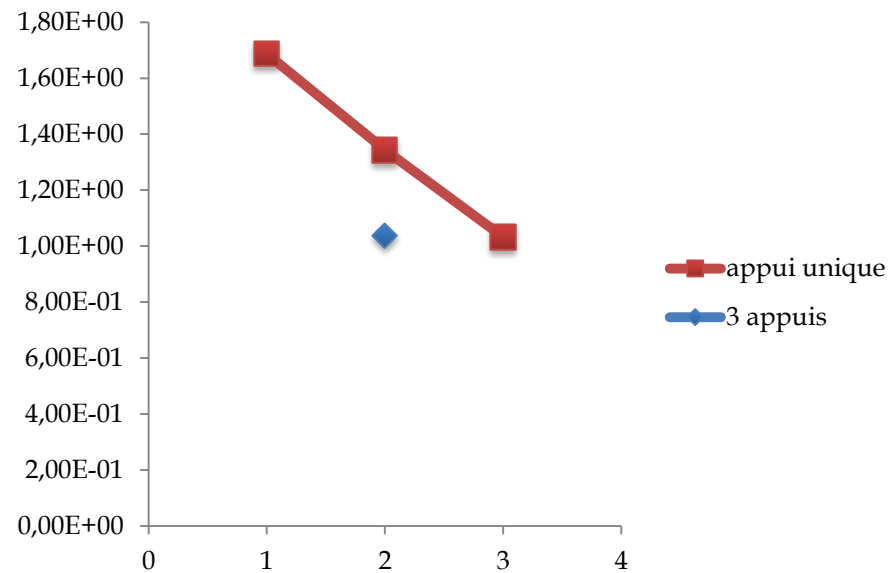
- Validation de l'hypothèse pour l'appui au niveau de HPTCS
- Contraintes maximales en pied de dent
- Rotation des dents : modification des conditions de contact significative?
- Sollicitation des dents voisines : analyse d'une dent/3



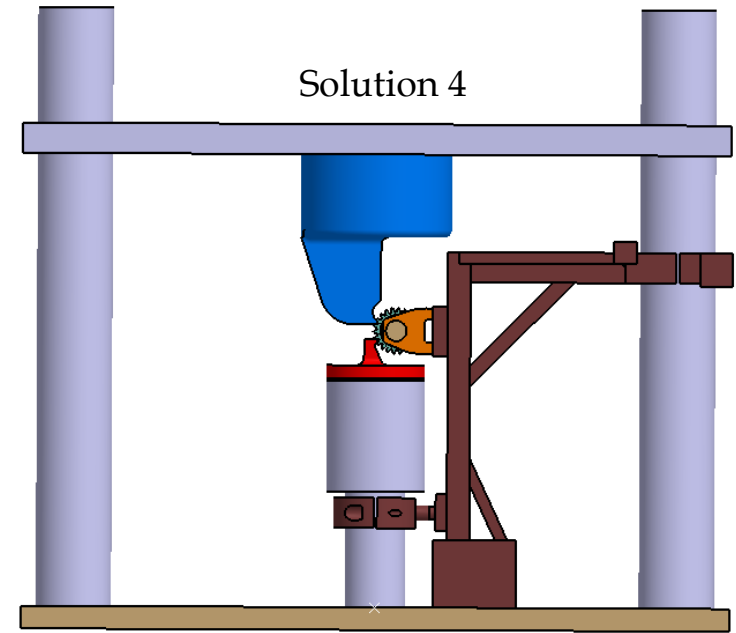
Influence de la position de la ligne de contact



ratio contrainte de Von Mises Dent la plus sollicitée/moins sollicitée



- Choix a priori de la solution 4
- Finalisation du dimensionnement en vue du lancement de la réalisation
 - Validation des solutions choisies en résistance
 - Choix des matériaux et traitement des pièces de contact
- Instrumentation de mesure : optique, mesure de différence de potentiel pour le suivie de fissure...
- Approfondissement du modèle numérique :
 - Analyse de l'influence de la géométrie et de la position des appuis
 - Analyse de la modification de l'angle de contact au cours du chargement
 - Etude de la propagation de la fissure



Hispano-Suiza, SAFRAN. Moteurs LEAP Une nouvelle generation de transmission de puissance. [En ligne]

Manufacturing, GE AVIATION. www.geaviation.com/manufacturing/CFM-LEAP.html. [En ligne]

FLASKER, Joze, GLODEZ, Srecko, et PEHAN, Stansislav. Influence of contact area on service life of gears with crack in tooth root. *Communication in numerical methods in Engineering*. 1995, Vol. 11, 1, pp. 49-58.

SPITAS, V., PAPADOPOULOS, G. A., SPITAS, C., et al. *Experimental Investigation of Load Sharing in Multiple Gear Tooth Contact Using the Stress-Optical Method of Caustics*. *Strain*. 2011. Vol. 47.

BRETL, Nick, SCHURER, Stefan, TOBIE, Thomas, et al. Investigations on Tooth Root Bending Strength of Case Hardened Gears in the Range of High Cycle Fatigue. [éd.] FZG. 2013.

STRINGER, David B., DYKAS, Brian D., LABERGE, Kelsen E., et al. A New High-Speed, High-Cycle, Gear-Tooth Bending Fatigue Test Capability. 2011.



Merci pour votre attention

