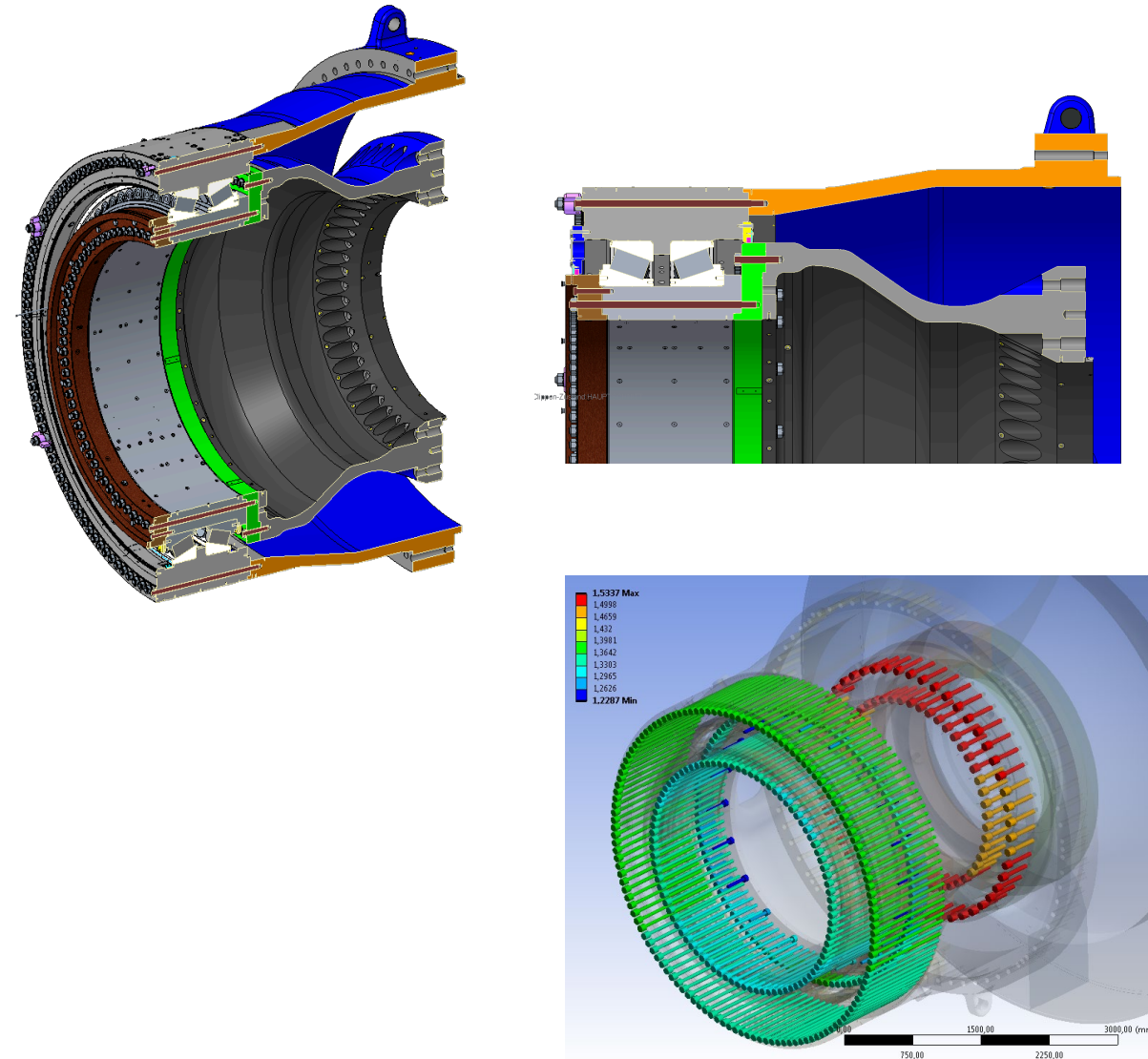


Évaluation numérique de la résistance des boulons dans les grands assemblages mécaniques, avec *Ansys Mechanical et l'extension Bolt Assessment Inside Ansys (B.A.I.A)*



- Présentation du centre d'essais de roulements de grandes dimensions, où les assemblages boulonnés sont omniprésents
- Avantages de la simulation des boulons pour le développement des bancs d'essai i.e. prototypes virtuels
- Exemple d'application d'un essai pour des composants d'éoliennes



+ de 150 roulements dans votre quotidien !

07:15
08:12
08:27
09:00
14:32
16:30
17:35
18:12
22:30



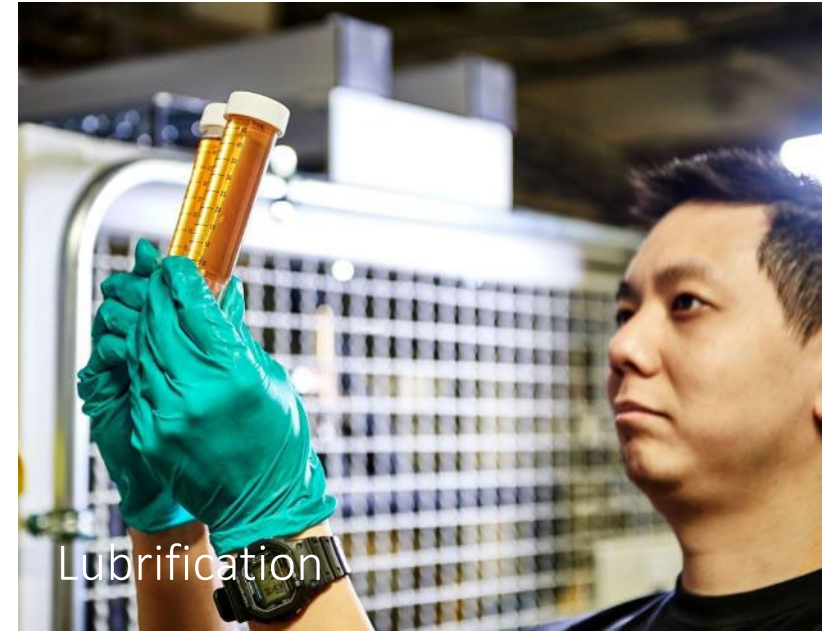
Plus de 150 roulements dans votre quotidien



Roulements et ensembles-roulements



Solutions d'étanchéité



Lubrification

L'offre combinée de SKF



Maintenance conditionnelle



Services

Sven Wingquist Test Centre

- Investissement de 40 millions d'euros
- Le plus grand centre d'essais de roulements de grandes dimensions (LSB) au monde
- Deux nouveaux bancs d'essai LSB géants (MSTR et DDTR)
- Début de la construction en 2015
- Début de l'assemblage des bancs d'essai fin 2016
- Période de mise en service (2018/2019) Début de l'exploitation en 2020
- Deux bancs d'essai "existants" pour les paliers Nautilus

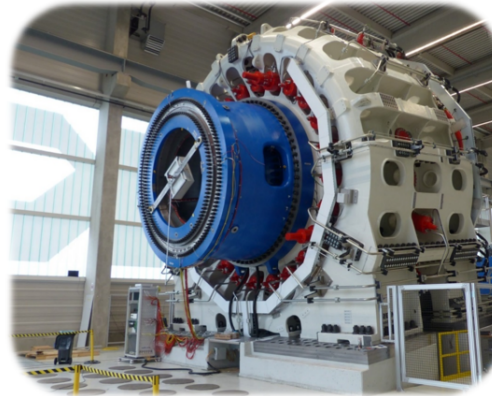


→ Tous les essais de roulements de grandes dimensions dans un seul bâtiment !

Portefeuille des bancs d'essais

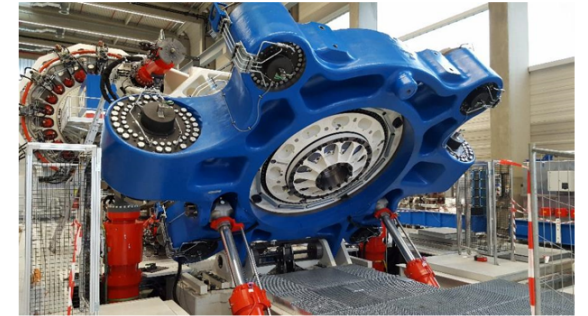
Main Shaft Test Rig (MSTR)

- Validation and development of single wind main bearings and full wind main shaft arrangements (optionally including original customer parts)
- Dynamic application of high load, especially bending moments, with realistic load scenarios
 - Radial load: 8 MN
 - Axial load: 8 MN
 - Bending moment: 40 MNm
 - Load dynamic: Yes
 - Rotational speed: 30 rpm
 - Bearing size: ca. 2 m up to 6 m
 - Torque (drive/gearbox) 230 kNm
 - Lubrication: grease or oil
 - Size of test setup: max. 22x9 m



Dynamic Development Test Rig (DDTR)

- Dynamic testing for development purposes up to high rotational speeds
- For Large Size Bearings in steel industry, wind, pulp & paper, cement, marine, etc.
- High speed, dynamic load application
 - Radial load: 7 MN
 - Axial load: 3 MN
 - Bending moment: 10 MNm
 - Load dynamic: Yes
 - Rotational speed: 250 rpm
 - Bearing size: ca. 1,0 m up to 3,2 m
 - Torque (drive/gearbox) 120 kNm
 - Lubrication: grease or oil



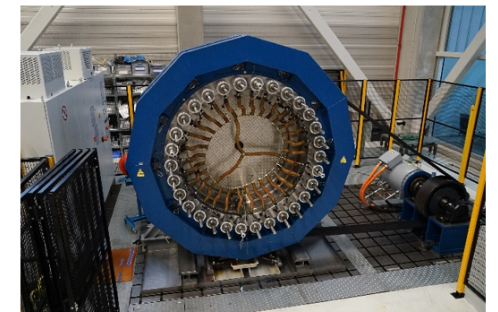
XLSB Rotating Inner Ring (XLSB RIR400)

- Static testing for development purposes up to medium rotational speeds with high axial load
- Static testing for all purposes
 - Radial load: 1,5 MN
 - Axial load: 20 MN
 - Bending moment: None
 - Rotational speed: 50 rpm
 - Bearing size: up to 3,5 m
 - Load dynamic: None
 - Torque (drive/gearbox) 20 kNm
 - Lubrication: grease or oil



XLSB Rotating Outer Ring (XLSB ROR)

- Static testing for development purposes up to medium rotational speeds with high axial load
- Static testing for all purposes
 - Radial load: None
 - Axial load: 12 MN
 - Bending moment: None
 - Rotational speed: 50 rpm
 - Bearing size: up to 3 m
 - Load dynamic: None
 - Torque (drive/gearbox) 15 kNm
 - Lubrication: grease or oil



Avantages de la simulation des boulons
(lors du développement d'un nouveau banc d'essai)



Intégration d'une contre-structure

Transmission à la structure de la charge, telle qu'elle est appliquée sur le banc d'essai (\leftrightarrow force du vent)

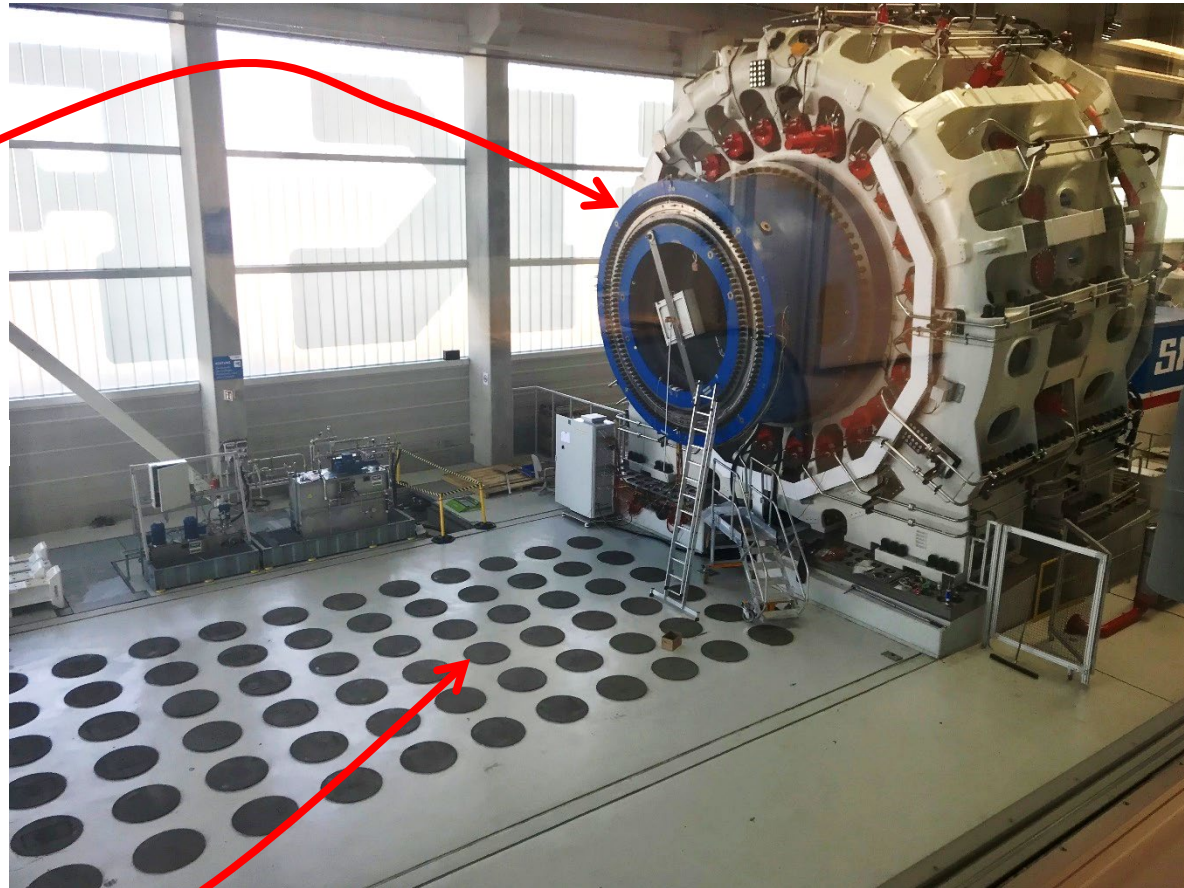
"BedFrame"

Roulement de test

Adaptateur

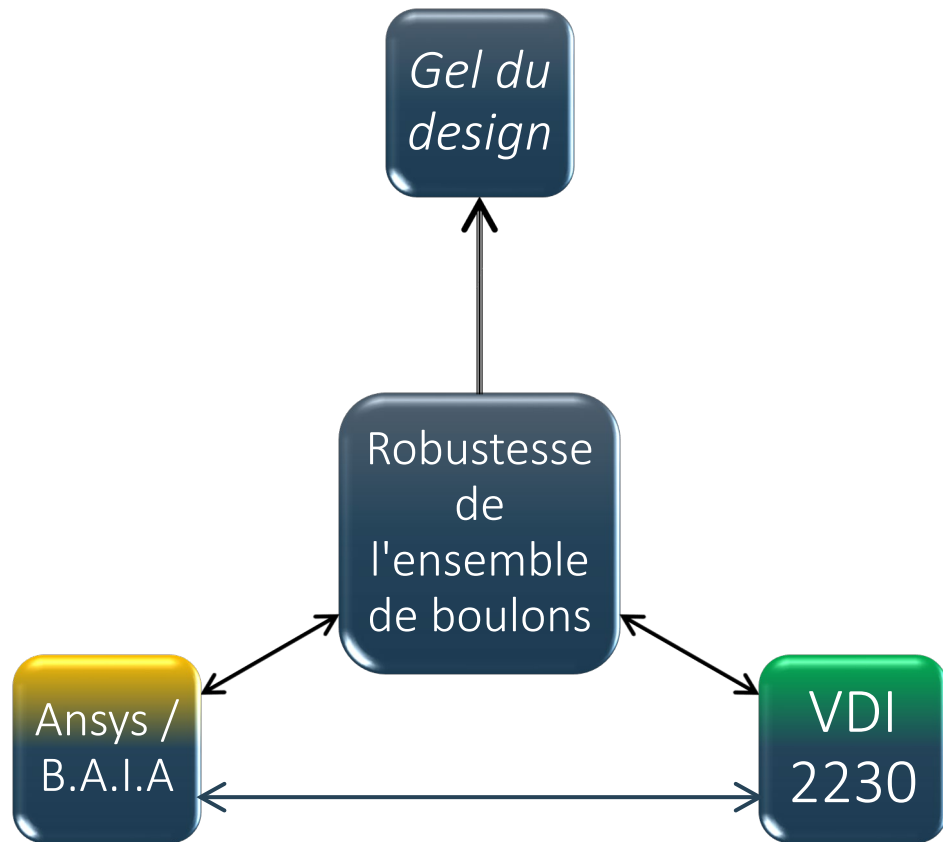
Adaptateur universel

Boulons d'ancrage



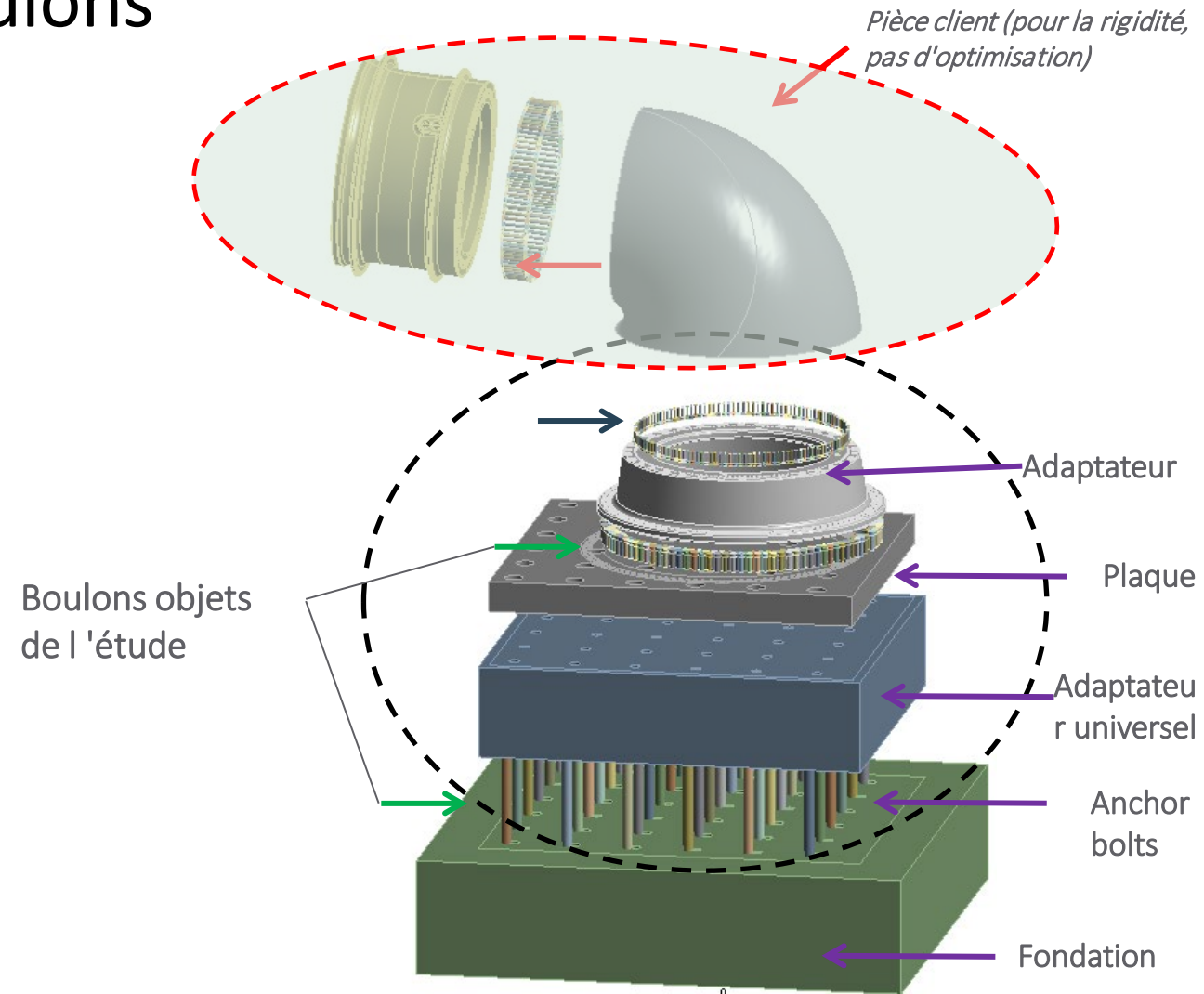
Adaptation à la fixation au sol

Vérification de la résistance des boulons

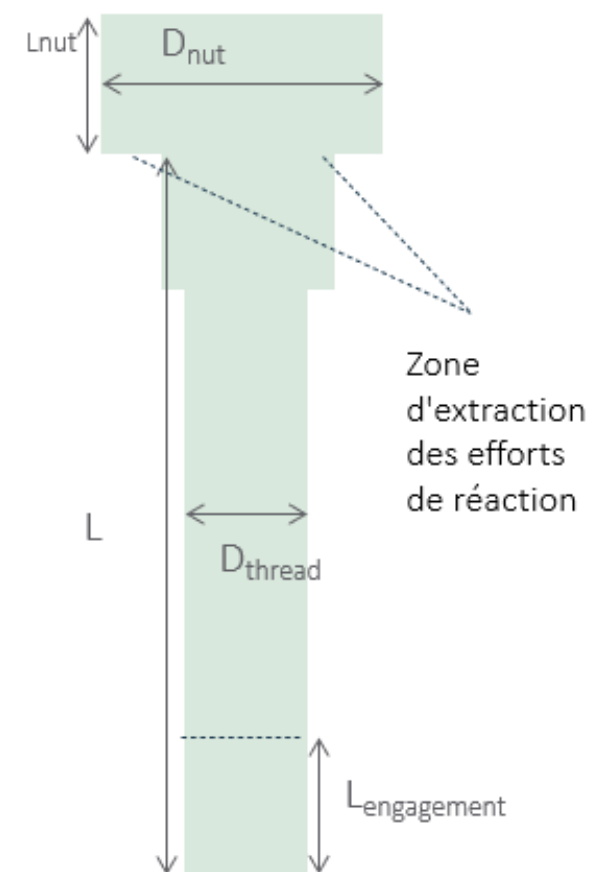
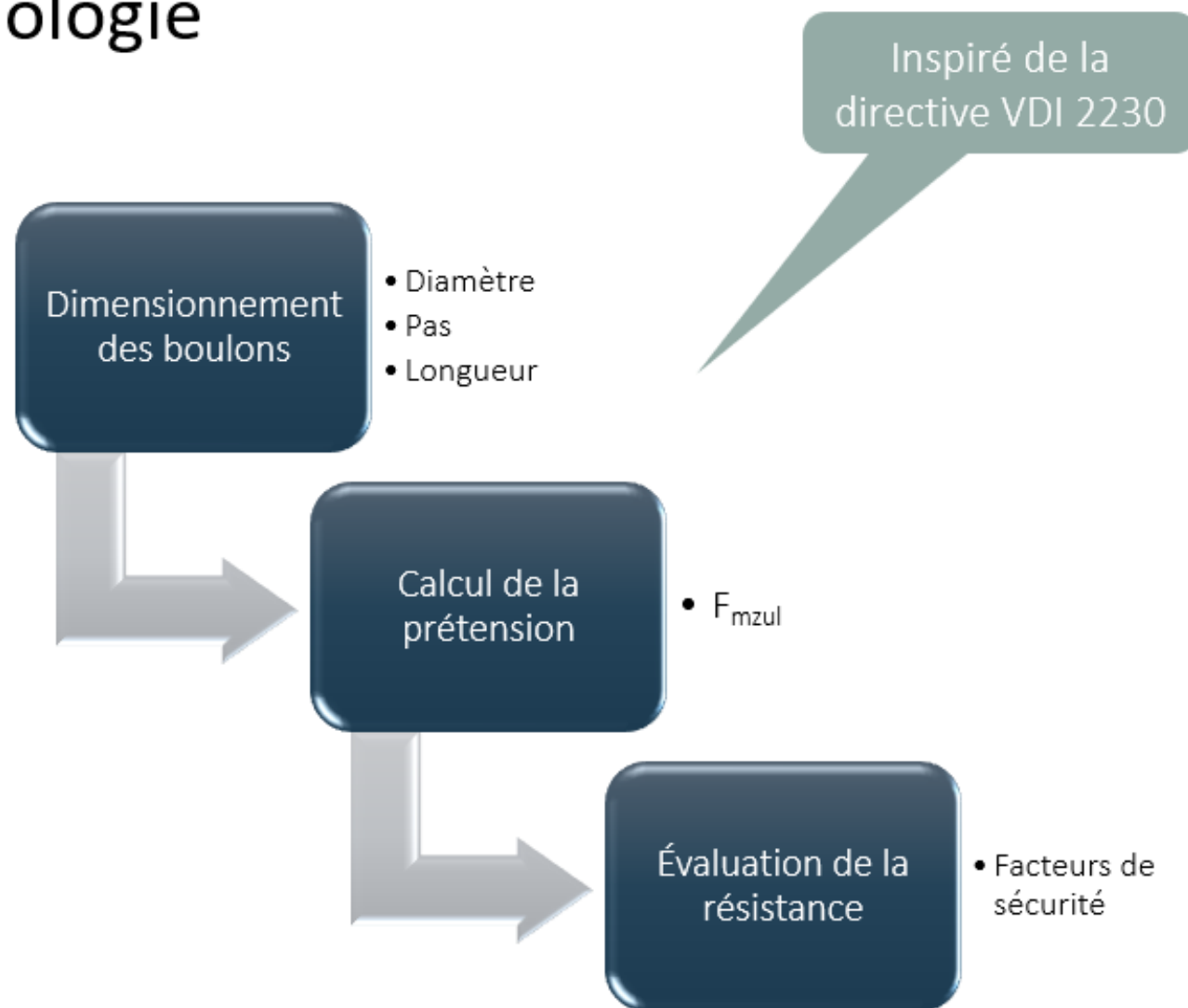


— Outils (BAIA est une extension CADFEM/Ansys Mechanical)

— Directive



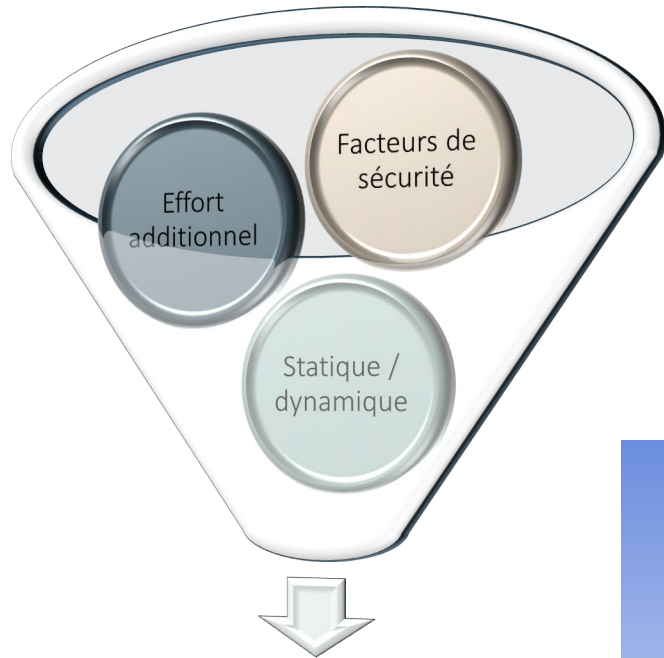
Méthodologie



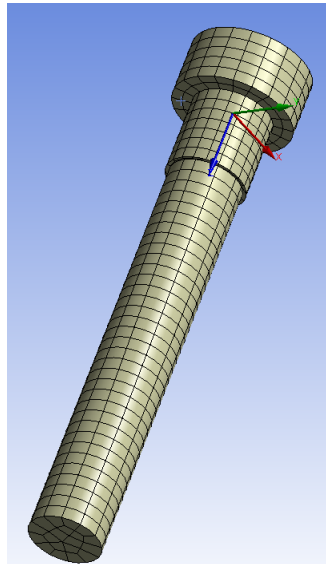
Modèle classe 3

Evaluation

VDI 2230



OK/NOK



Coefficient de charge supplémentaire

$$\varphi = \frac{F_{SA}}{F_0}$$

F_{SA} = effort supplémentaire
 F_0 = force axiale effective

Statique / Dynamique

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max_FEM}}{A_s}$$

$$\sigma_{ampl} = \frac{F_{SAO} - F_{SAU}}{2A_s}$$

For the complete load cycle

$$\sigma_{RedB} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \times (k\tau \times \tau_{max})^2}$$

σ_{ASZV} = Limite de fatigue du matériau

Coefficients de sécurité

$$S_{static} = \frac{R_{p0.2min}}{\sigma_{RedB}}$$

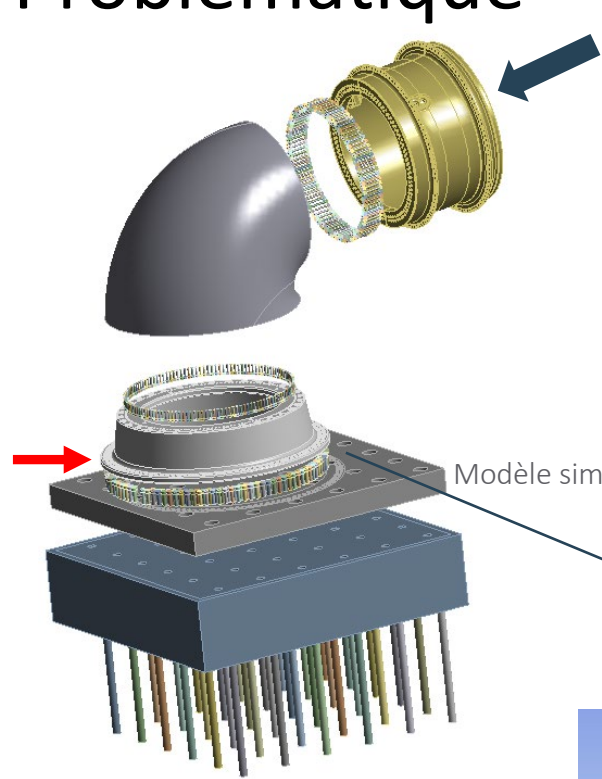
$$S_{dynamic} = \frac{\sigma_{AZSV}}{\sigma_{ampl}}$$

Doivent être supérieurs à 1

Cas pratique (connexion robuste avec des boulons M64)



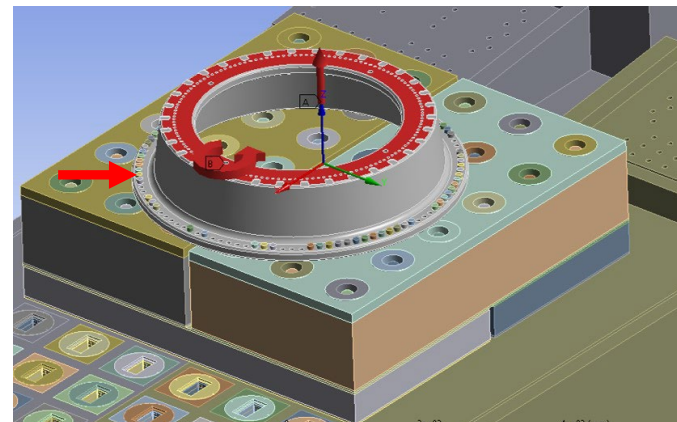
Problematique



Puissance éolienne simulée par le banc

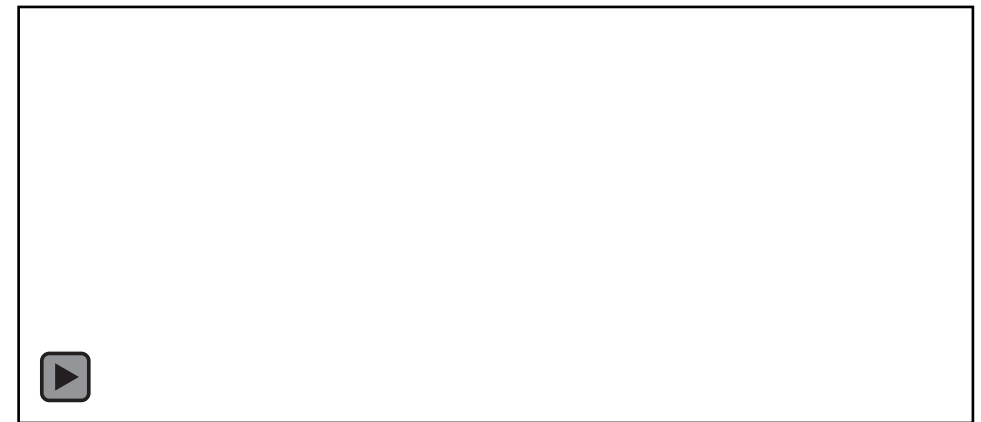
- Moments et charges très élevés
- Connexion par boulons M64

Modèle simplifié

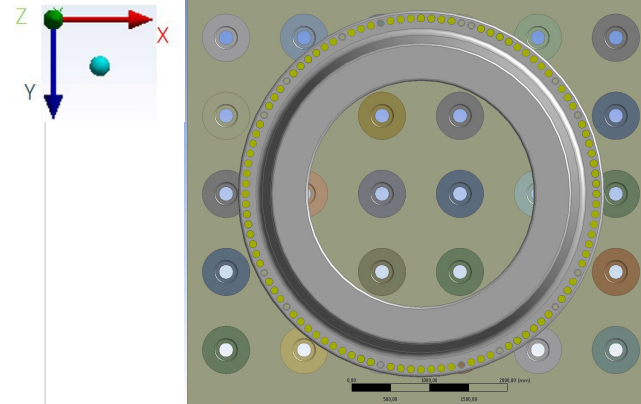
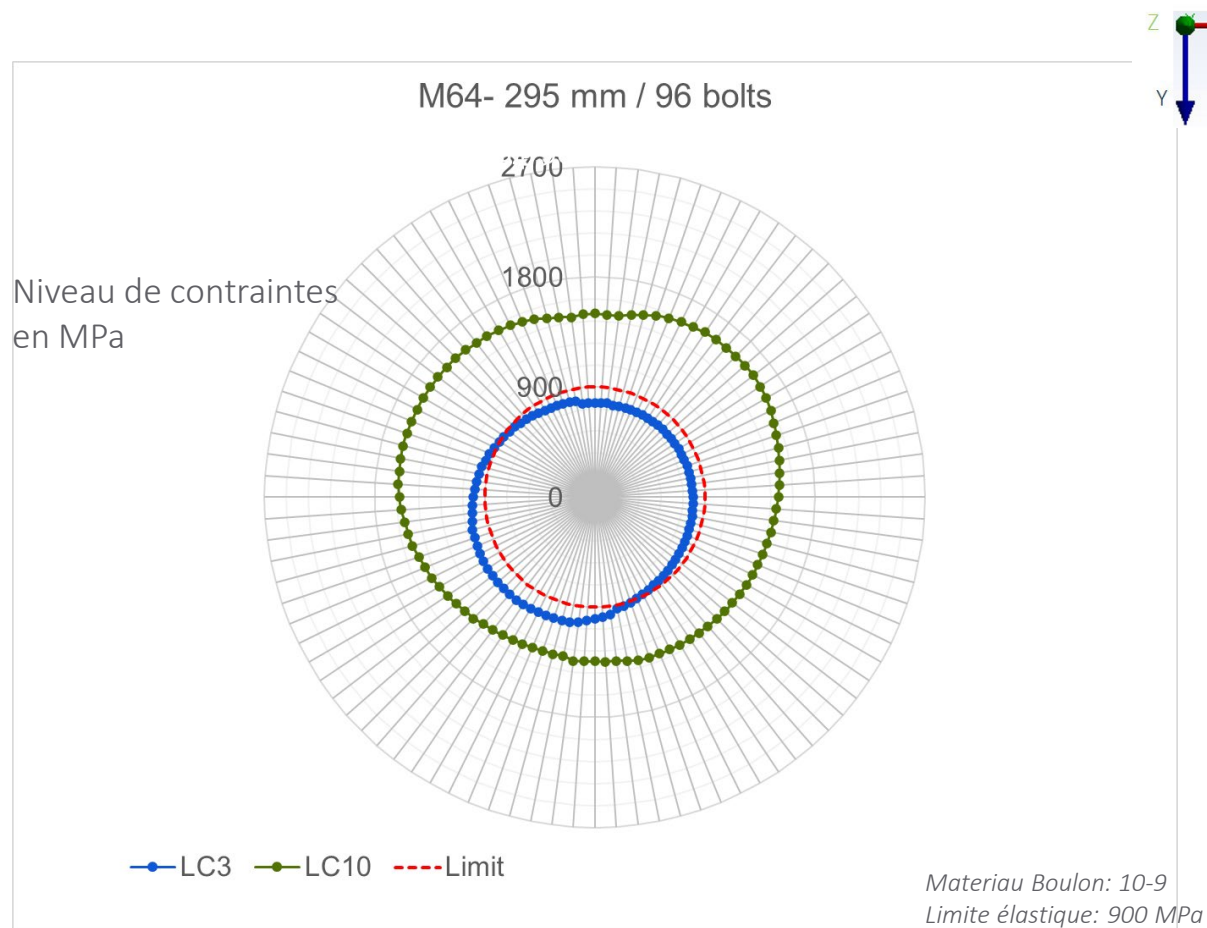


	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
LC2	4000	2000	6000	10000	100000	60000	Conditions "normales"
LC3	-4000	-2000	-6000	-10000	-100000	-60000	
LC4	4000	2000	0	0	0	60000	
LC5	-4000	-2000	0	0	0	-60000	
LC7	42200	0	10000	0	232000	60000	
LC8	1000	5500	5500	28000	132000	130000	
LC9	42200	6000	0	0	0	70000	
LC10	1000	6000	0	0	0	151000	

Cycle de charge dérivé de différents scénarios de vent



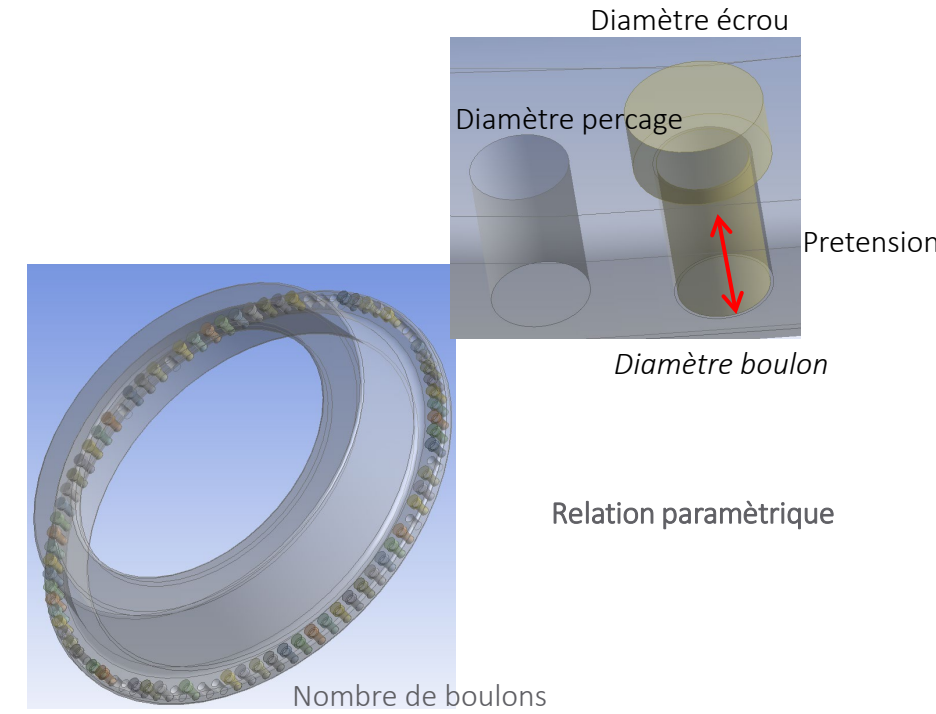
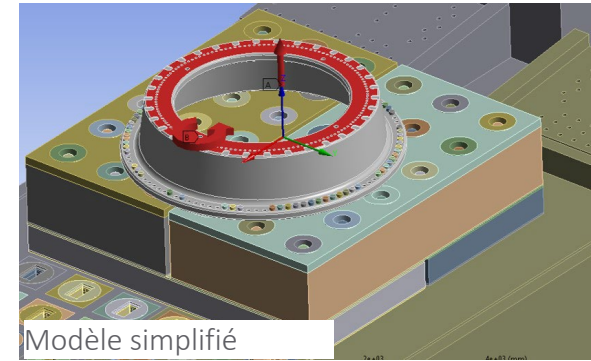
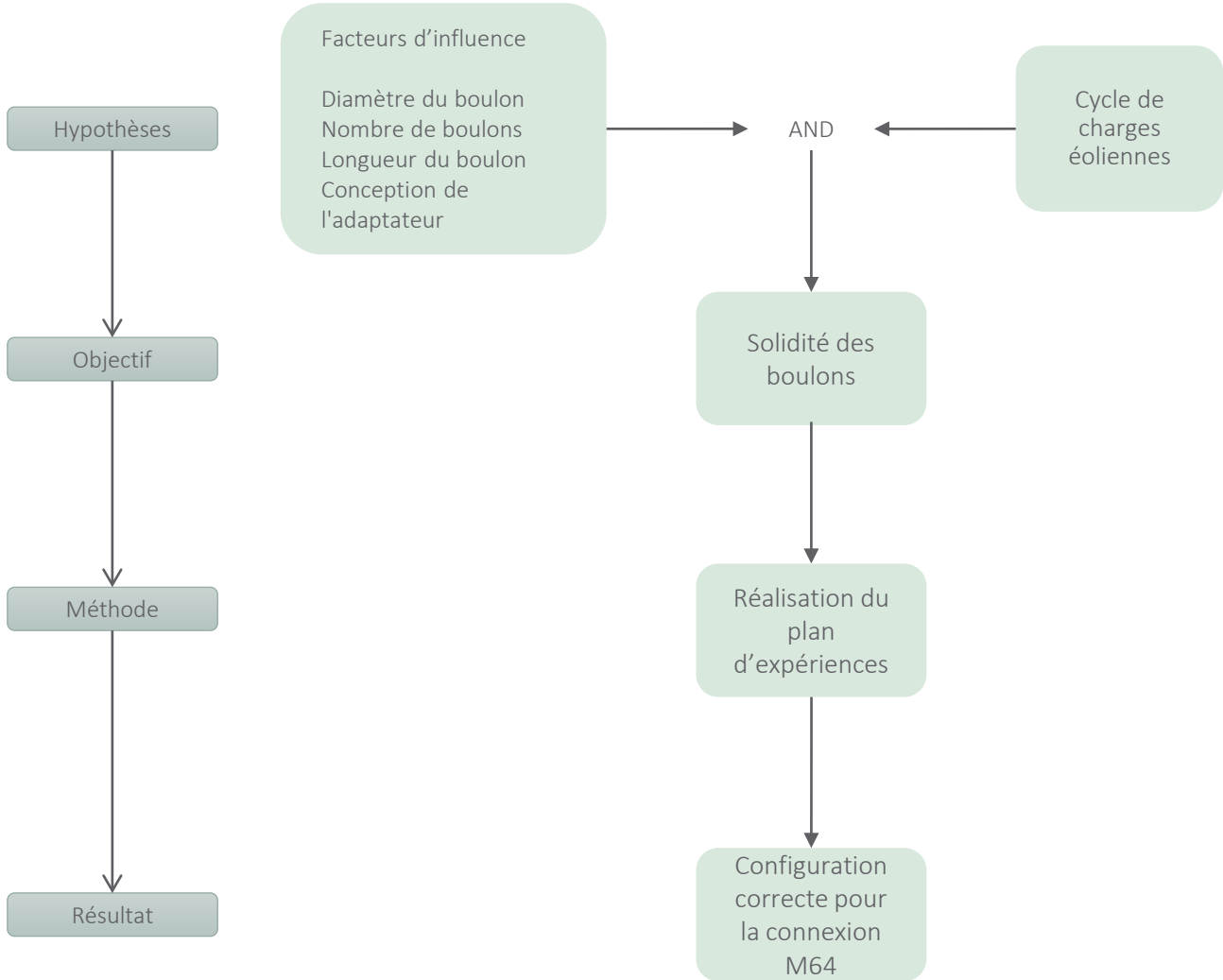
Facteur de sécurité respecté ?



Le graphique montre la contrainte pour chaque boulon (la position équivalente des boulons est indiquée sur l'image en haut à droite)

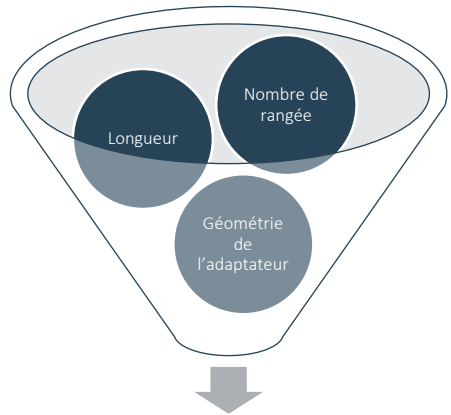
LC3 est choisi comme cas de charge équivalent
LC10 est choisi comme cas de charge extrême

Plans d'expériences

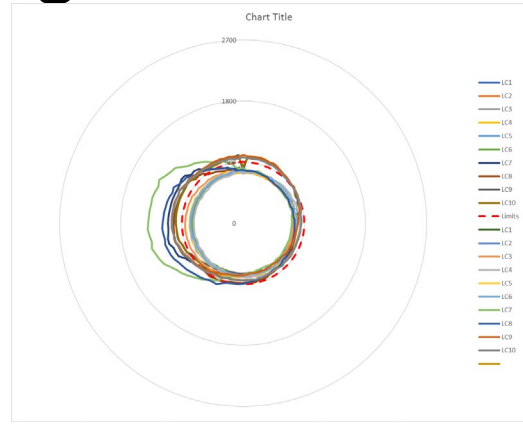


Vers une configuration fiable

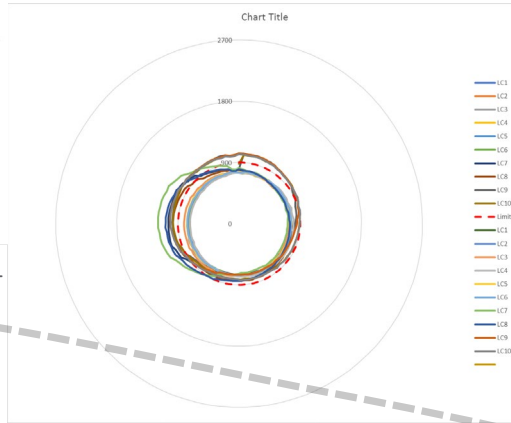
Echelle[0-2700 MPa] / Ligne rouge pointillée, limite à ne pas franchir



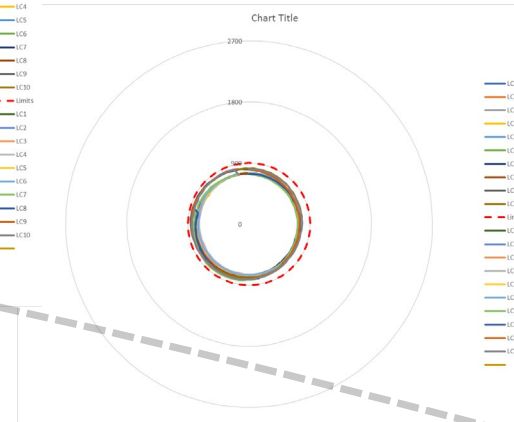
Connexion robuste



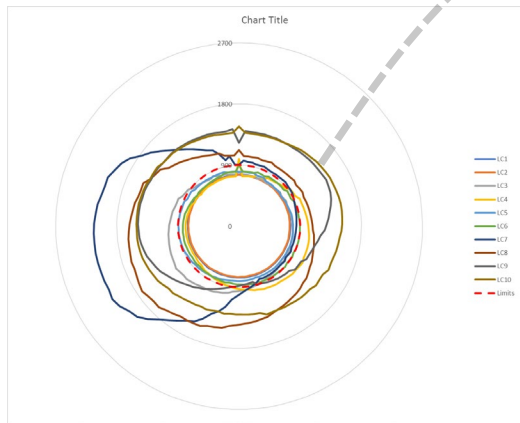
2 rangées | M64-295 mm | 184



2 rangées | M64-395 mm | 184



2 rangées | M64-845 mm | 184



1 rangée | M64-295 mm | 96

Cercle	Nombre de boulons	Longueur du boulon	Commentaires
1 row	96	295	21,9 t
2 rows	184	295	21,9 t
		395	24,6 t
		845	38,6 t

<= poids de l'adaptateur

(Poids de l'adaptateur à surveiller pour des raisons de coût/manutention)

Temps vs. Précision

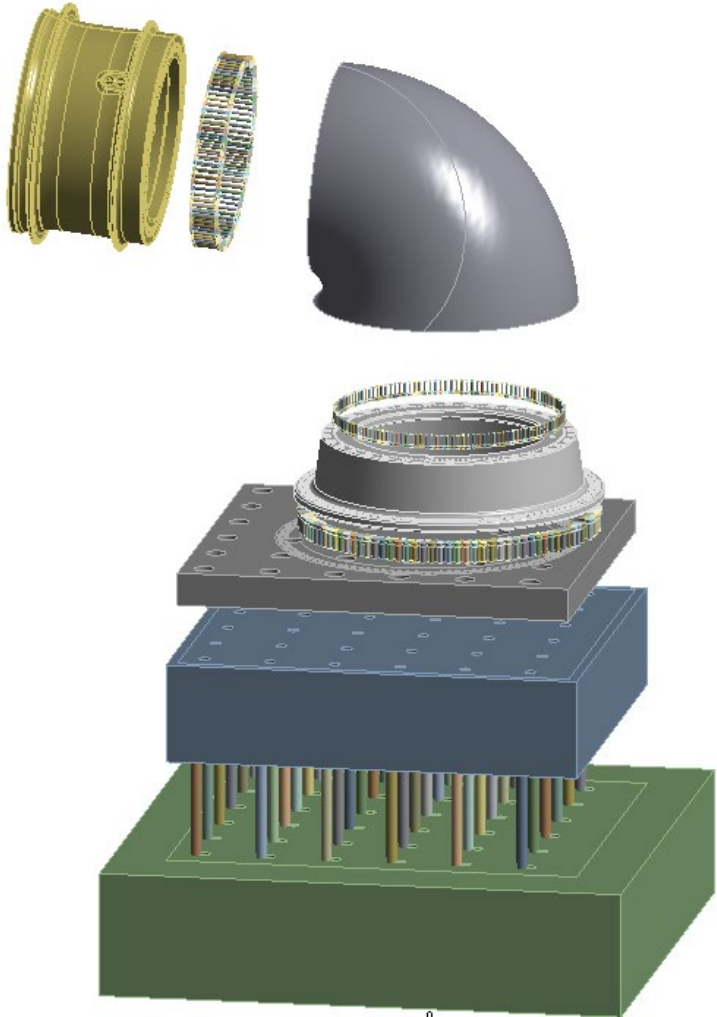
Modèle de grandes dimensions

Nombre élevé de composants

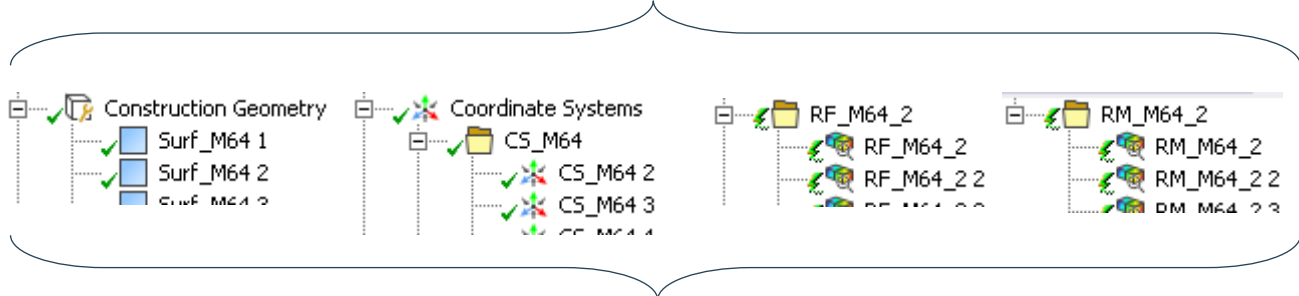
Temps de pré/post-traitement

Nécessité de précision

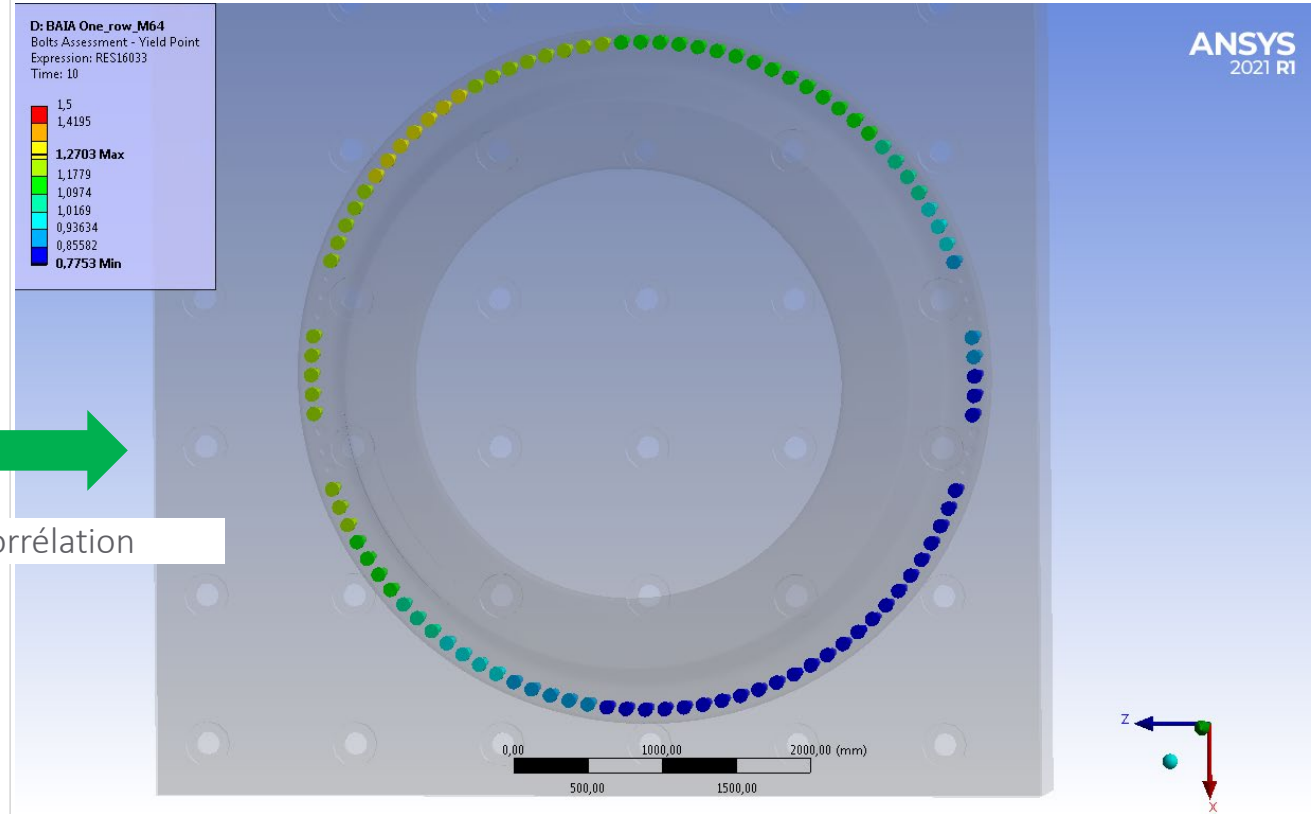
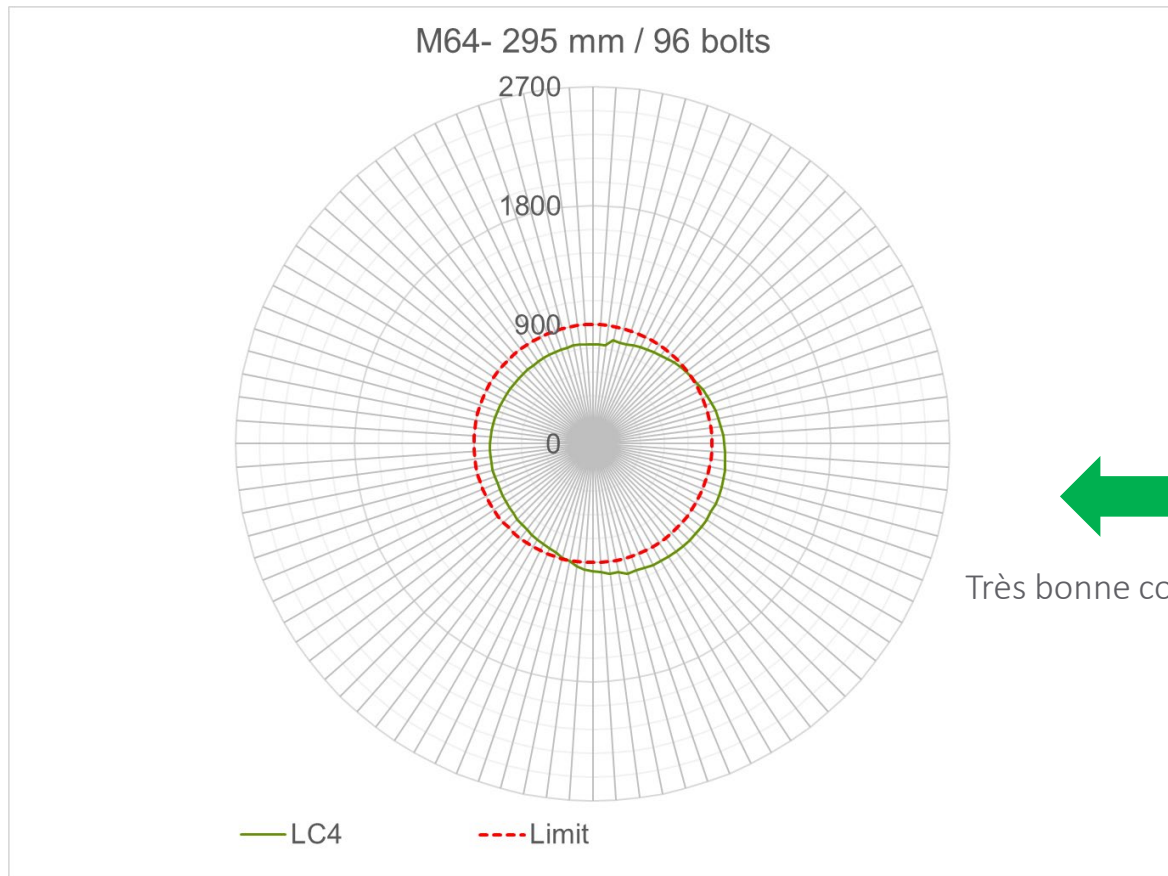
Exigence d'une définition intelligente du modèle



x le nombre de boulons dans le modèle



Gagner du temps / garder la précision



Très bonne corrélation

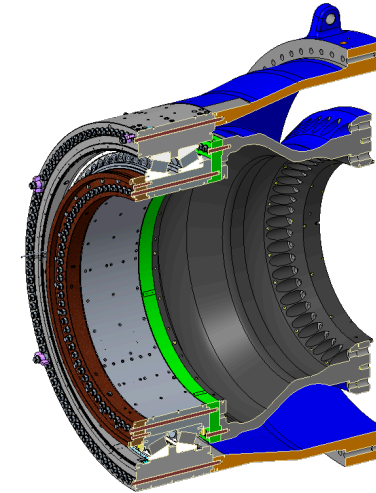
Contrainte dans le boulon avec la méthode analytique utilisant la charge de réaction sur le boulon (évaluée dans Ansys)

Coefficient de sécurité obtenu avec Bolt Assessment Inside Ansys

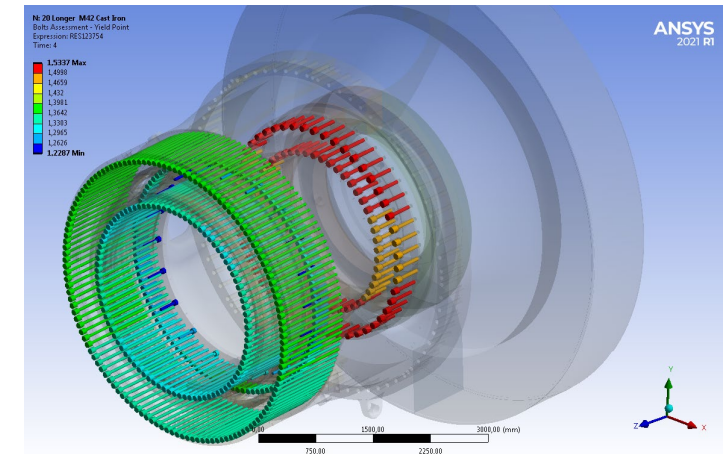
Conclusions

Détermination de la résistance des boulons avec VDI2230/B.A.I.A

- Gain de temps
- Fiabilité, confiance
- Prototypage numérique

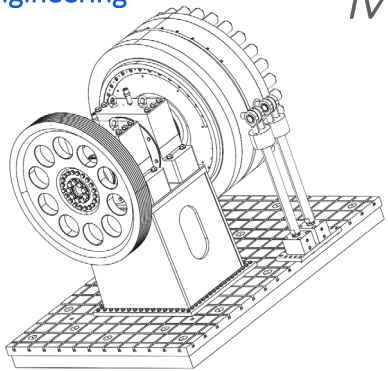


Rig MSTR avec un total de 450 boulons (M42 à M56)



Mise en service réussie et plus à venir

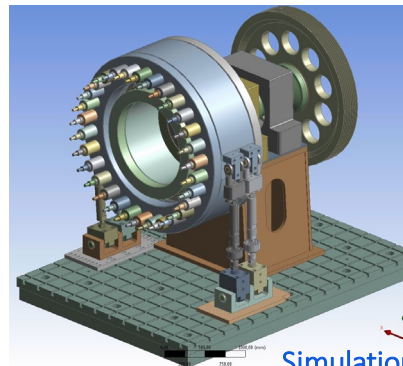
Engineering



Réalité



Rig RIR 400 avec un total de 320 boulons (M30 à M60)



Simulation

SKF®