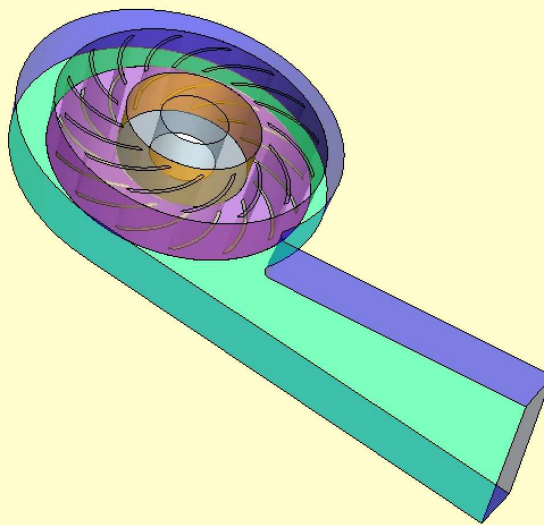


## Séance de Travaux Dirigés 9

### *Caractéristique d'une pompe centrifuge par analyse CFD*

#### Objectifs de cette séance

1. Déterminer le point de fonctionnement (charge, débit) d'une pompe centrifuge,
2. Mettre en place une procédure simulant la rotation du rotor,
3. Proposer un moyen de déterminer différents points de fonctionnement pour en extraire la caractéristique de la pompe.



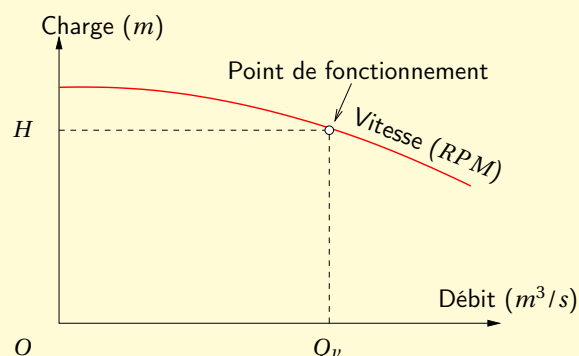
La pompe est constituée de deux composants :

- une partie mobile nommée *rotor* animée d'une vitesse de rotation,
- une partie fixe nommée *collecteur*, elle-même composée d'une partie interne et d'une partie externe.

Le fluide entraîné par la pompe peut être soit de l'air, soit de l'eau, le choix vous appartient. Si le fluide retenu est de l'air, la vitesse de rotation du rotor sera fixée à 2000 RPM, ou 1000 RPM s'il s'agit de l'eau (effet de cavitation à éviter).

Le rotor sera constitué d'ailettes d'épaisseur 2mm et dont le nombre pourra varier de 15 à 20.

Ce modèle sera complété/modifié... par vos soins afin de pouvoir fournir suffisamment de points de fonctionnement pour tracer la courbe caractéristique Charge/débit de cette pompe :



## Création des CAO

La pompe est constituée d'une partie mobile et d'une partie fixe nommées respectivement *rotor* et *collecteur*. La CAO générale est la combinaison de trois CAO distinctes générées successivement depuis CAO-3D :

1. rotor,
2. collecteur interne : comportant une frontière *entrée* pour l'alimentation en fluide.
3. collecteur externe : comportant une frontière *sortie* pour évacuer le fluide.

Chacune de ces pièces sera associée à une CAO distincte (clic-droit sur **3D-CAD Models** > **New**).

### Création de la CAO du rotor

Clic-droit sur **3D-CAD Models** > **New** puis après avoir sélectionné le plan *XY* :

- ▷ Dessiner l'anneau de rayon interne  $40\text{ mm}$  et de rayon externe  $80\text{ mm}$  en le centrant sur l'origine.
- ▷ Valider et l'extruder.

L'étape suivante va consister à dessiner le profil de l'aube (2 arcs de cercle distants de  $2\text{ mm}$ ) :

- ▷ Sélectionner une des deux faces planes de l'anneau du rotor puis clic-droit pour **Create Sketch from Face** afin d'y dessiner la forme d'une seule aube.
- ▷ Dessiner deux disques temporaires de rayons  $45\text{ mm}$  et  $75\text{ mm}$  qui délimiteront les extrémités de l'aube (figure du milieu). Ils seront effacés à la fin de la procédure.
- ▷ Positionner un point en  $(0.045, 0)$  centre des deux arcs de cercle de l'aube.
- ▷ Créer à partir de ce point, deux arcs de cercles de rayons respectifs  $48\text{ mm}$  et  $50\text{ mm}$ , délimités par les deux disques temporaires. Fermer le contour de l'aube aux deux extrémités.
- ▷ Effacer les deux disques temporaires et valider.

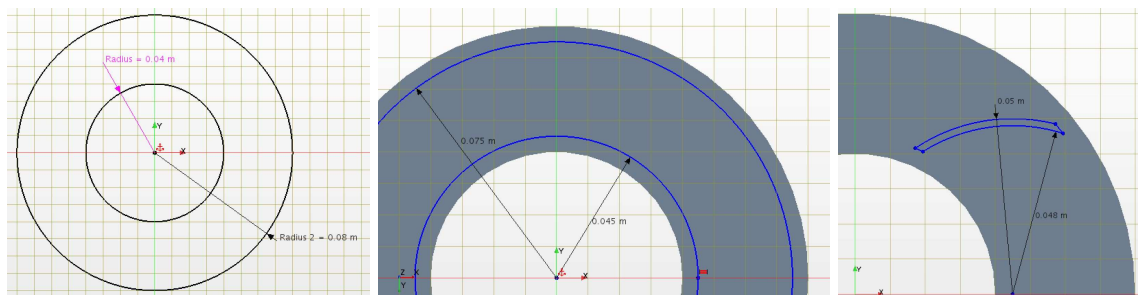


Figure 1 – Définition du contour global du rotor et dessin d'une aube

Le profil de l'aube peut être amélioré comme illustré ci-dessous, c'est cependant facultatif !

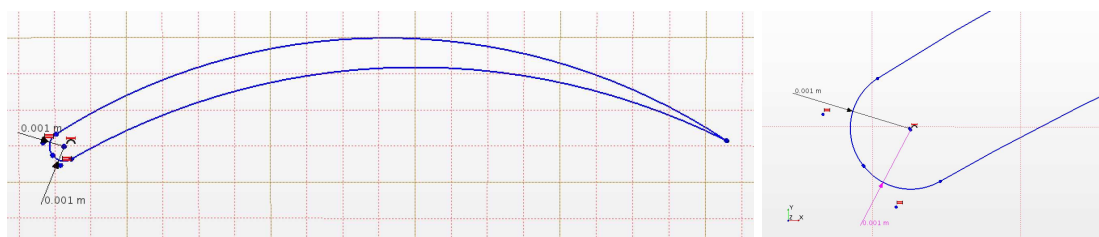


Figure 2 – Profil d'aube amélioré (FACULTATIF)

L'étape suivante va consister à extruder l'aube et à dupliquer son contour pour générer l'ensemble des aubes du rotor.

- ▷ Extruder l'aube en mode **Up to Face** et sélectionner la face opposée (mode **Reverse**) et sélectionner **Body Interaction None**. Le volume de l'aube doit rester distinct de la région annulaire afin de pouvoir le dupliquer et l'en extraire.
- ▷ Cliquer sur la face supérieure de l'aube (sa coupe) puis clic-droit pour **Pattern** > **Circular Pattern Cut**.
- ▷ Renseigner un nombre de 15 à 20 aubes (4 par défaut sinon).

- ▷ Valider.
- ▷ Vérifier la présence d'un seul *Body*.
- ▷ Nommer toutes les surfaces sans oublier le plan à extraire pour un calcul 2D (le nommer "2D" par exemple).
- ▷ Renommer le *Body* en *Rotor* puis valider pour quitter l'outil CAO-3D.

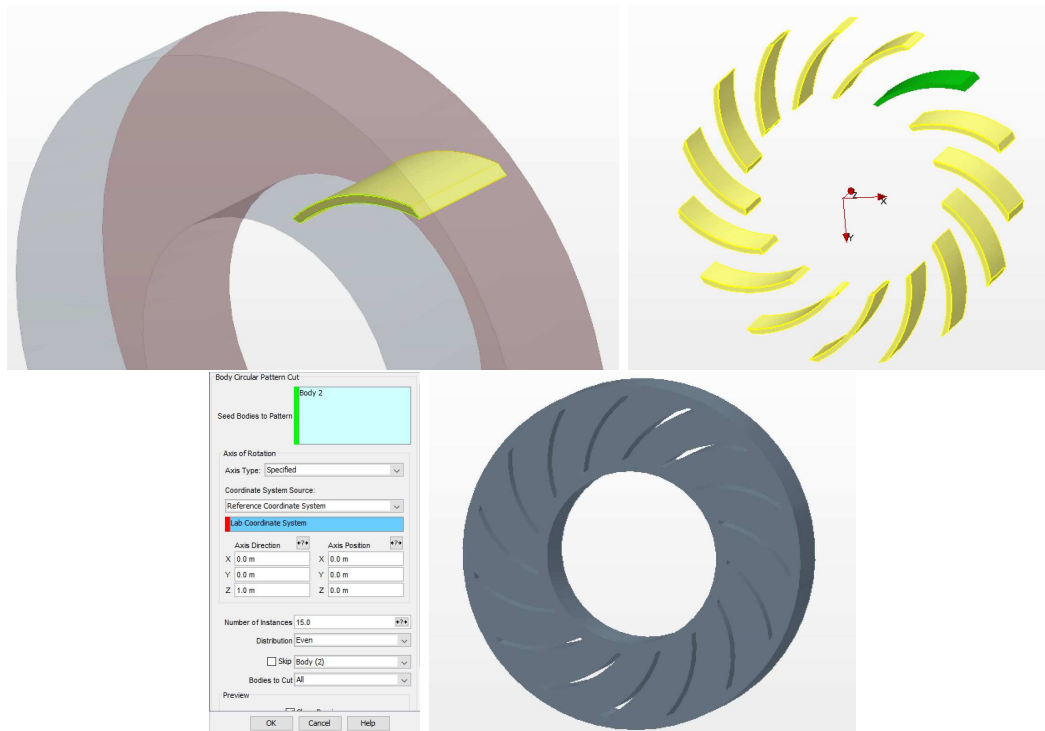


Figure 3 – Duplication des aubes et extraction de la région annulaire du rotor

### Création des CAO interne et externe du collecteur

Pour chacune, clic-droit sur 3D-CAD **Models** > **New**.

La partie interne au collecteur ne pose pas de problème particulier, s'appuyer sur l'illustration ci-dessous (Figure de gauche) pour la concevoir. Ne pas oublier de nommer toutes les surfaces.

**Il convient toutefois de parfaitement respecter les rayons internes et externes communs avec les autres composants qui définiront les interfaces de transfert.**

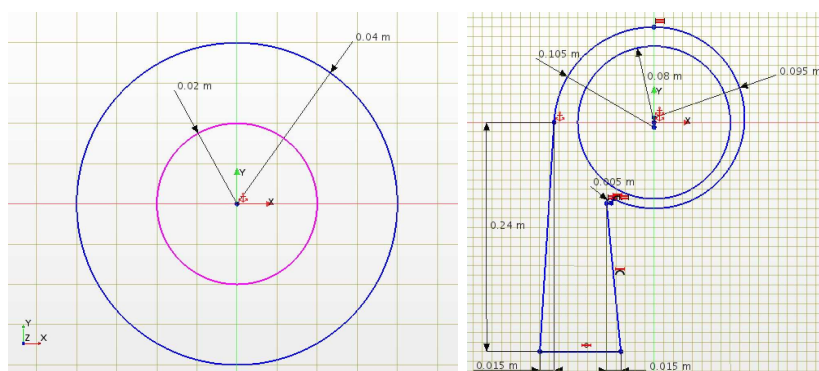


Figure 4 – CAO collecteur interne

collecteur externe

Pour la partie externe du collecteur, celui-ci s'articule sur :

- ▷ la création de deux arcs de cercles respectivement définis par :
  1. un rayon de  $0.095\text{ m}$  centré en  $(0, 0.005\text{ m})$  et ouvert sur  $208\text{ deg.}$  ( $180+28$ ),

2. un rayon de  $0.105\text{ m}$  centré en  $(0, -0.005\text{ m})$  et ouvert sur  $90\text{ deg.}$ , connectés entre eux au sommet du collecteur (voir Figures ci-dessous).
- Compléter et fermer le contour tel qu'illustré.
  - Valider et quitter.
  - Nommer toutes les surfaces puis quitter l'outil 3D-CAO.

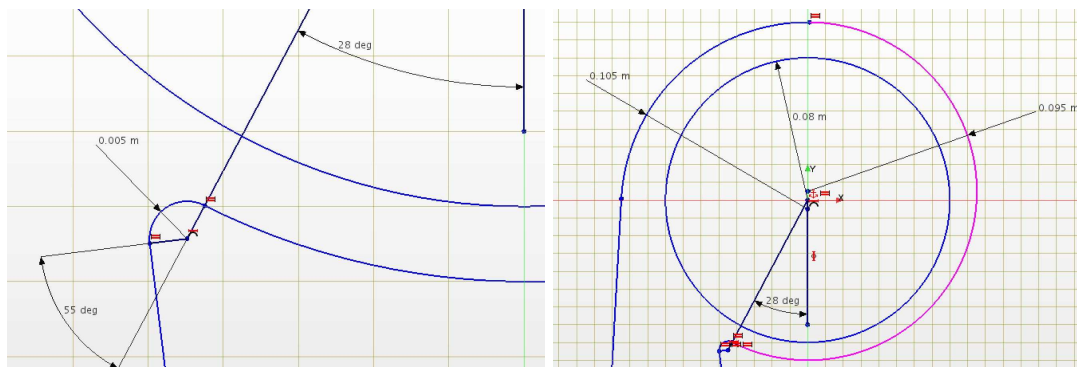


Figure 5 – Détails de la CAO du collecteur interne

Les trois CAO générées, les étapes suivantes sont classiques :

- Création des **Geometry Part** pour les trois domaines,
- Création des **Regions en une seule fois** en cochant tous les domaines.
- Extraction du plan 2D avec l'opération *Badge*, puis *Execute...*

## Génération des maillages

- Génération d'un *Automated Mesh (2D)* par CAO, **soient trois maillages différents qui peuvent s'appuyer sur les mêmes propriétés**,
- Renseigner les types de conditions aux limites en sélectionnant :
  - pour les interfaces :
    - o l'option **Flow-Split Outlet** si le fluide est considéré comme incompressible,
    - o l'option **Freestream** si le fluide est considéré comme compressible.
  - **Pressure Outlet** pour la sortie,
  - **Stagnation Inlet** pour l'entrée : celle-ci revient à imposer une pression totale (par défaut de  $101325\text{ Pa}$ ) à l'entrée qui alimentera le débit, *a priori* inconnu et calculé au cours du temps.
- Identifiez les interfaces en sélectionnant en simultanément les interfaces communes deux à deux au niveau des *Regions* puis avec un clic-droit, choisir **Create Interface**.
- Vérifier la présence des deux interfaces dans l'onglet **Interfaces** nouvellement créé (Figure ci-dessous à gauche).
- Il vous appartient de choisir les paramètres de tailles de cellules ainsi que le type de maillage. Vous devriez obtenir un maillage proche de celui-illustré ci-dessous :

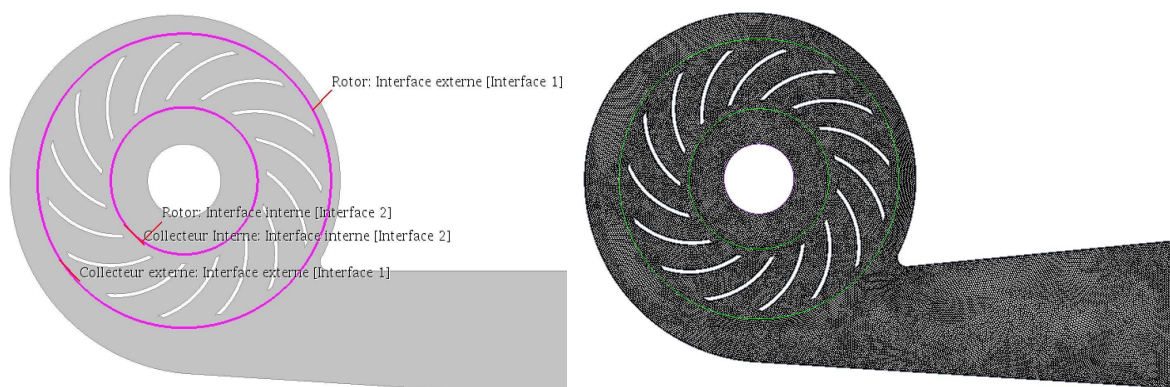


Figure 6 – Identification des deux interfaces communes

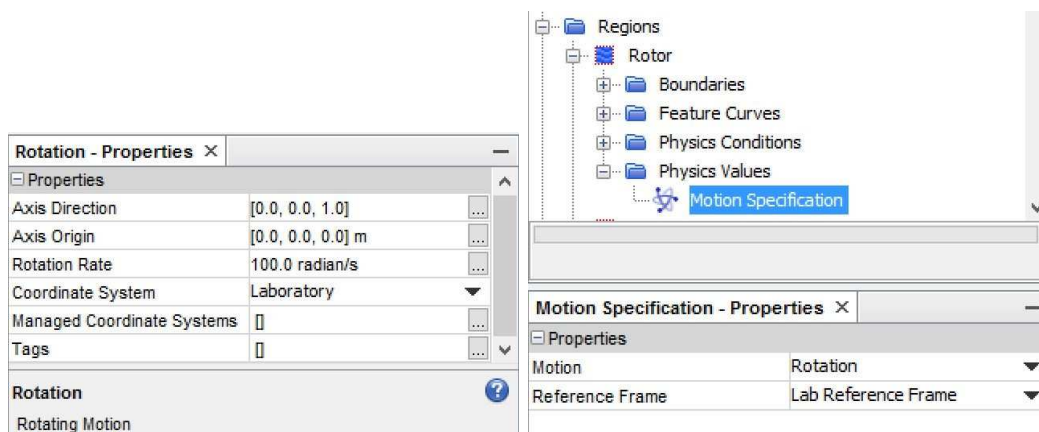
Une proposition de maillage...

## Mise en données du problème

Sélectionner les modèles physiques en définissant un unique **Physics Continuum** commun aux trois domaines. Il n'y a en effet pas de nécessité de les distinguer. L'approche considérée est bien entendu instationnaire, il vous appartient de choisir les autres options.

Il reste à imposer la vitesse de rotation associée à la mise en mouvement du rotor. Procéder selon les étapes :

1. Dans **Tools > Motions** clic-droit pour définir un nouveau mouvement **New > Rotation**,
2. Renseigner la vitesse de rotation en *rad/s* ainsi que l'axe de rotation selon *z*,
3. Associer ce mouvement en ouvrant : **Regions > Rotor > Physics Values > Motion**.  
Sélectionner dans le menu déroulant **Motion**, le choix **Rotation** nouvellement créé.



## Initialisation et calculs

- Préparer une *Scalar Scene* avec une variable d'intérêt de votre choix pour suivre le bon déroulement du calcul,
- Créer des *Reports* pour suivre par exemple le débit générée ou la charge de la pompe,
- Initialiser le calcul,
- Renseigner un pas de temps de façon à ce qu'un tour complet du rotor requiert *a minima* 300-400 pas (dépendant de votre vitesse de rotation). Une valeur de  $\Delta t$  trop élevée peut se traduire par des difficultés de convergence.
- Lancer le calcul sur une durée requérant 3-4 tours de rotor.

## Analyse et post-traitement

Le modèle développé, vous tenterez de répondre aux questions :

- Quel débit stabilisé est-il possible de générer par le dispositif ?
- Quelle charge est alors associée ?
- Où se situe ce point de fonctionnement sur la courbe caractéristique illustrée dans l'énoncé ?
- Par quel moyen *rapide* vous est-il possible de déterminer un second point de fonctionnement ?
- Pour une pompe alimentée en eau, existe-t-il un risque de cavitation (NPSH) ?
- Proposer une modification (complément/extension de CAO...) pour déterminer différents autres points de fonctionnement de la caractéristique de la pompe.



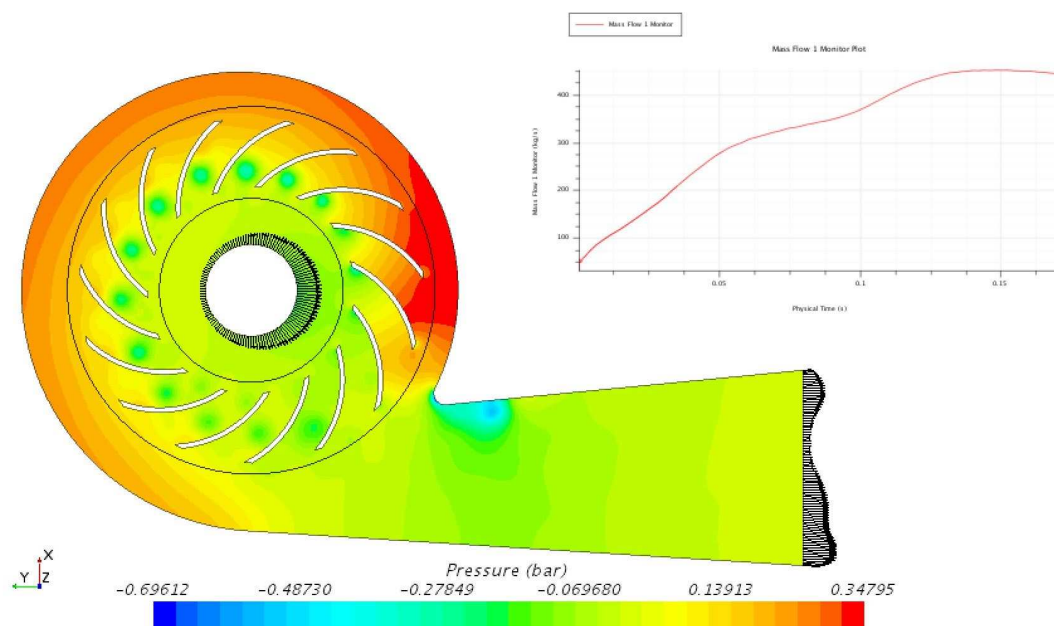


Figure 7 – Vue globale du champ de pression statique avec un cartouche illustrant la variation du débit massique

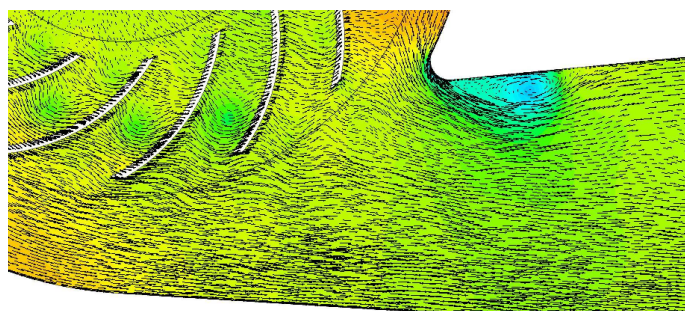


Figure 8 – Vue localisée du champ de vitesse