

Les hélices marines

Introduction :

- Nombreuses applications (transport, énergie, propulsion).
- Origine obscure (France, Suisse et même les États-Unis).
- Multitudes de formes d'hélices.

A quoi cela est-ce du ? L'usage détermine-t-il la forme ?

Nous tenterons donc de mettre en lumière cet aspect.

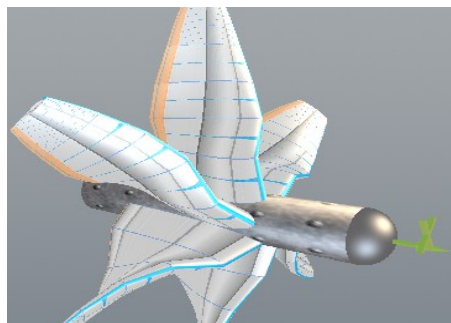


Illustration 1: Modélisation d'une hélice

Sommaire

I) Comment fonctionne une hélice ?

1) Vocabulaire de base

2) Approche théorique de l'hélice

3) Problèmes des hélices

II) Étude pratique d'une hélice

1) Étapes de modélisation

2) Modélisation d'une hélice de porte-conteneurs

3) Réaction de notre hélice à quelques variations

Conclusion

I)1) Vocabulaire de base :

- dos et face travaillante .
- L'angle de rake (: calage)

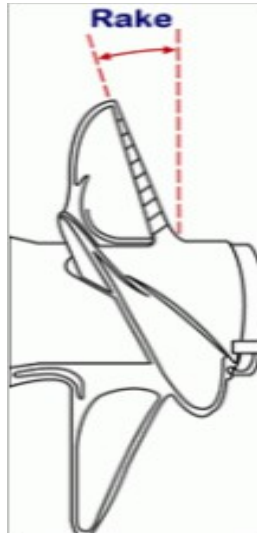


Illustration 2:
Schéma de l'angle
de calage

- Le pas : $H = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \tan(\varphi)$

avec : H le pas (en m)

R le rayon de l'hélice (en m)

φ le calage (en rad)

- pas effectif et le recul : $Recul = 1 - \frac{pas\ réel}{H}$

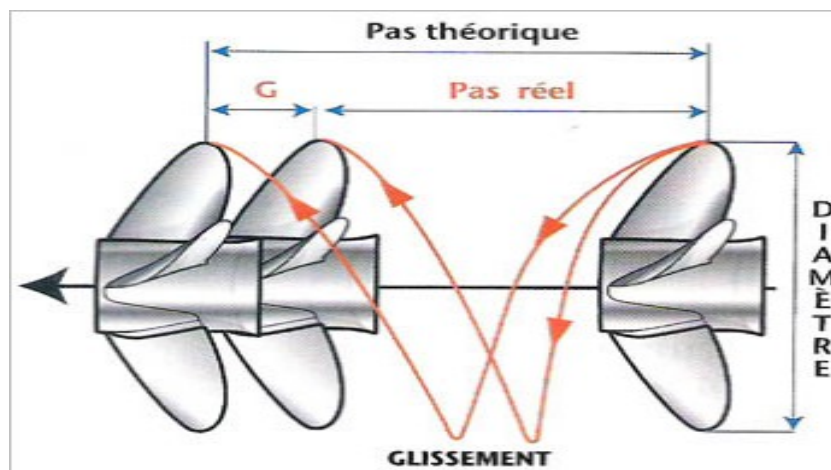


Illustration 3: Schéma illustrant le pas

Remarque : on peut utiliser le vocabulaire des ailes d'avion pour les pales, leur

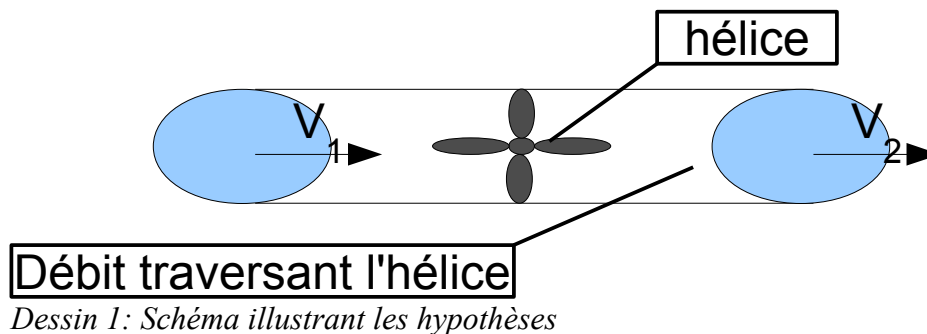
fonctionnement étant similaire.

I)2) Approche théorique de l'hélice :

• Bilan énergétique

Les hypothèses :

- fluide non visqueux.
- accélération uniforme pour la masse de fluide
- flux illimité.



$$T = Q \cdot (V_2 - V_1)$$

Avec • T : la poussée (en N)

- Q : le débit massique d'eau traversant l'hélice (en kg/s)
- V_1 : vitesse en amont (en m/s)
- V_2 : vitesse en aval (en m/s)

On a, de plus,

• La puissance utile : $P_u = T \cdot V_1$

• La puissance disponible : $P = \frac{1}{2} Q (V_2^2 - V_1^2)$

On en déduit alors le rendement : $\eta = \frac{\text{puissance utile}}{\text{puissance disponible}} = \frac{2}{1 + \frac{V_2}{V_1}}$

• Corrections

En réalité, à cause du glissement : $V_{li} = 0,6 \cdot V_{théo}$

De plus, les propriétés aérodynamiques imposent : $1,24 \sqrt{L} \leq V_{li} \leq 1,39 \sqrt{L}$

avec : L, longueur du navire (en m)

V_{li} , vitesse (en m/s)

I3) Problèmes des hélices :

• Cavitation :



Illustration 4: Effet de cavitation

→ influe sur :

- la profondeur d'immersion (augmentation)
- la surface de l'hélice (augmentation)
- angle d'incidence (diminution)
- vitesse de rotation

• La dimension des hélices



Illustration 5: Hélice de grandes dimensions

→ limites dues :

- les dimensions des tirants d'eau autorisés dans les ports
- la difficulté à les modéliser (la plupart des études des hélices sont basées sur des essais réels)

→ influe sur :

- la poussée produite
- la forme de l'hélice (surface, incidence des pales..)

• La ventilation



Illustration 6: Effet de ventilation

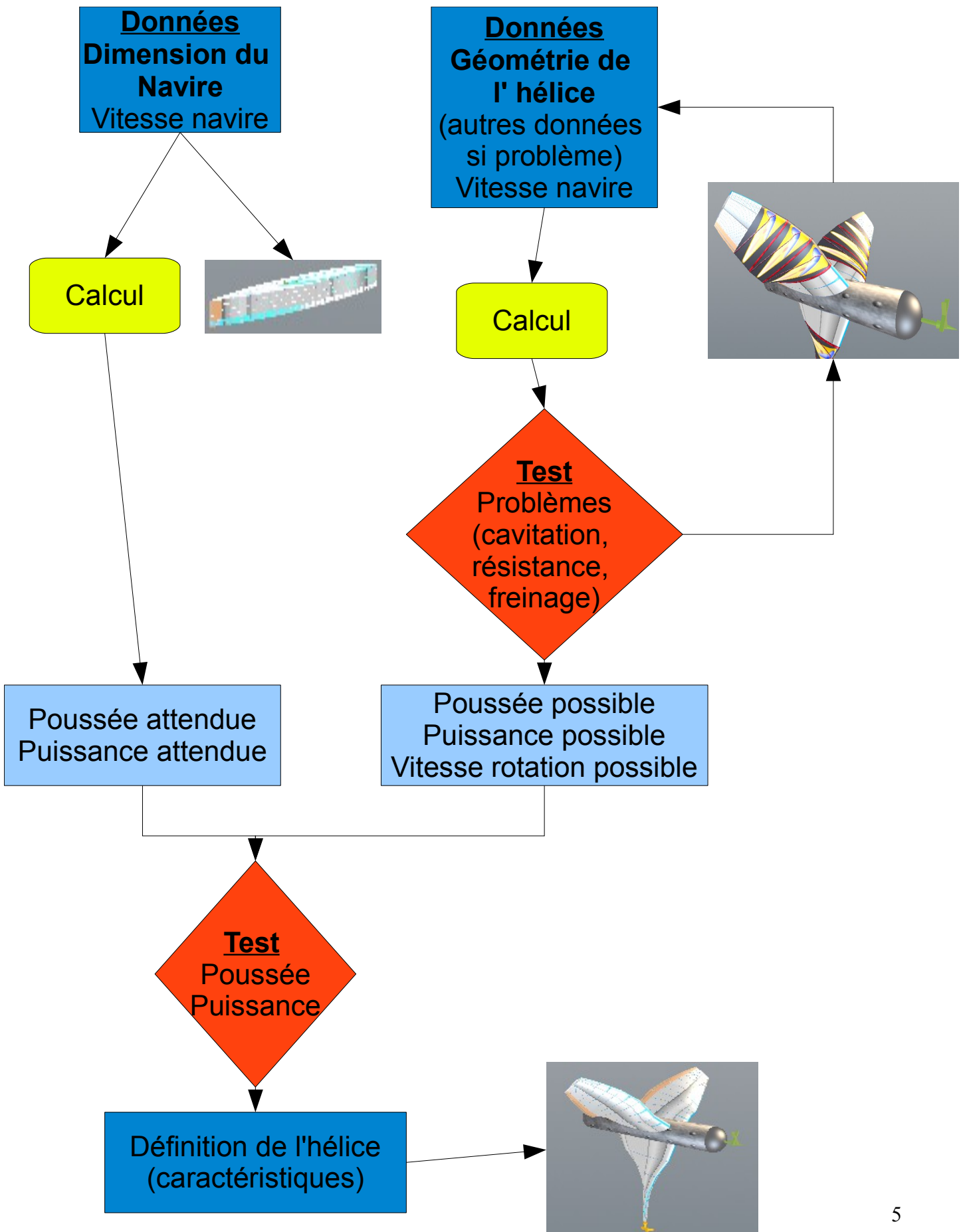
→ due à :

- une trop faible distance de l'hélice par rapport à la surface

→ influe sur :

- le diamètre de l'hélice (selon les critères établis dans le cahier des charges)

II)1) Etapes de modélisation :



II)2) Modélisation d'une hélice de porte-conteneurs :

a) Modélisation de la traînée :

Données

Vitesse navire : 11,822m/s

Longueur : 320m

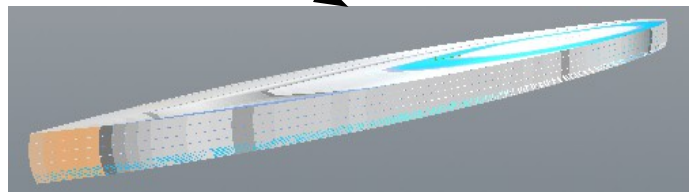
Largeur : 37,5 m

Tirant d'eau : 14m

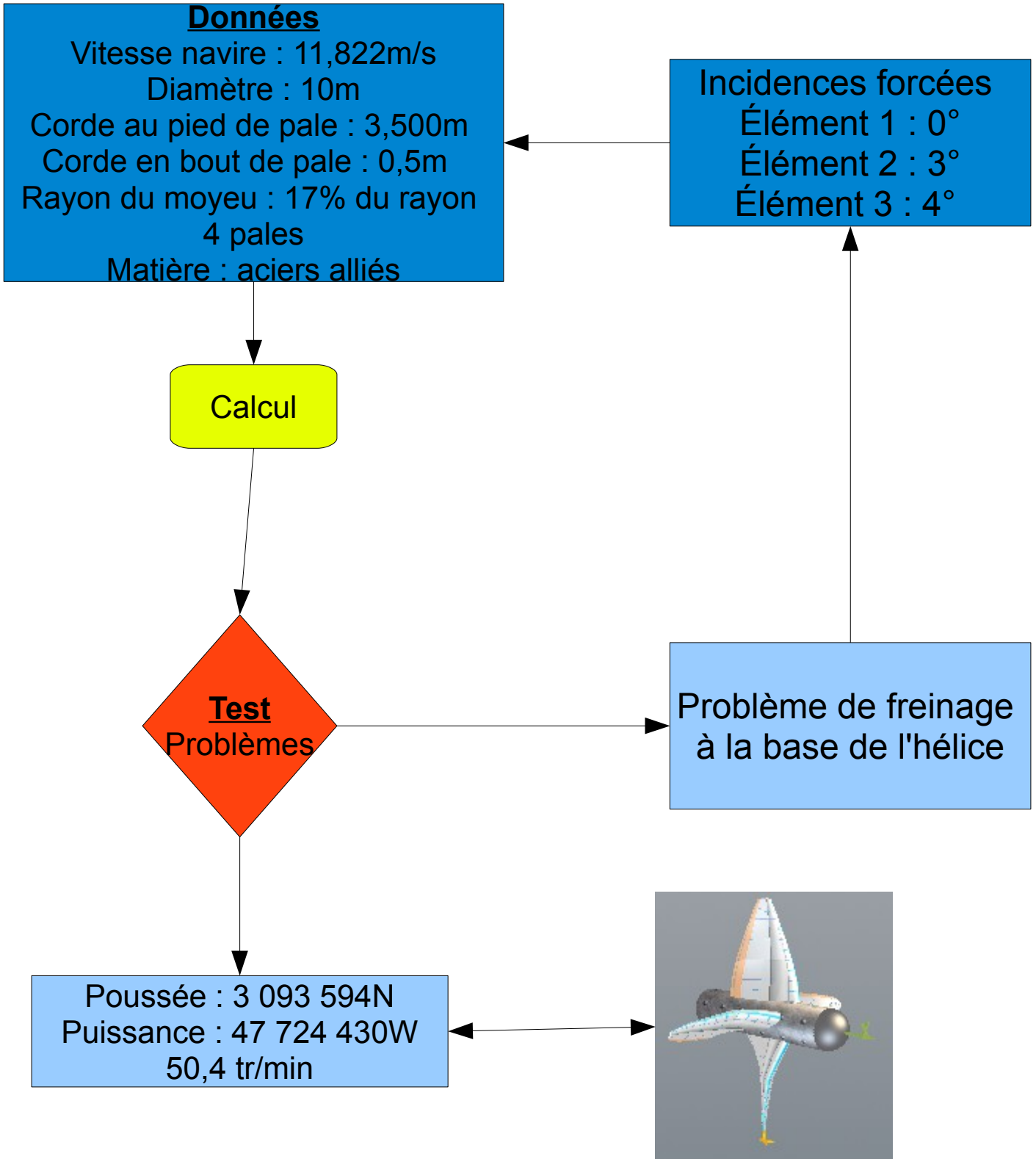
Aciers alliés

Calcul

Poussée : 3 085 280N
Puissance : 36 468 020 W

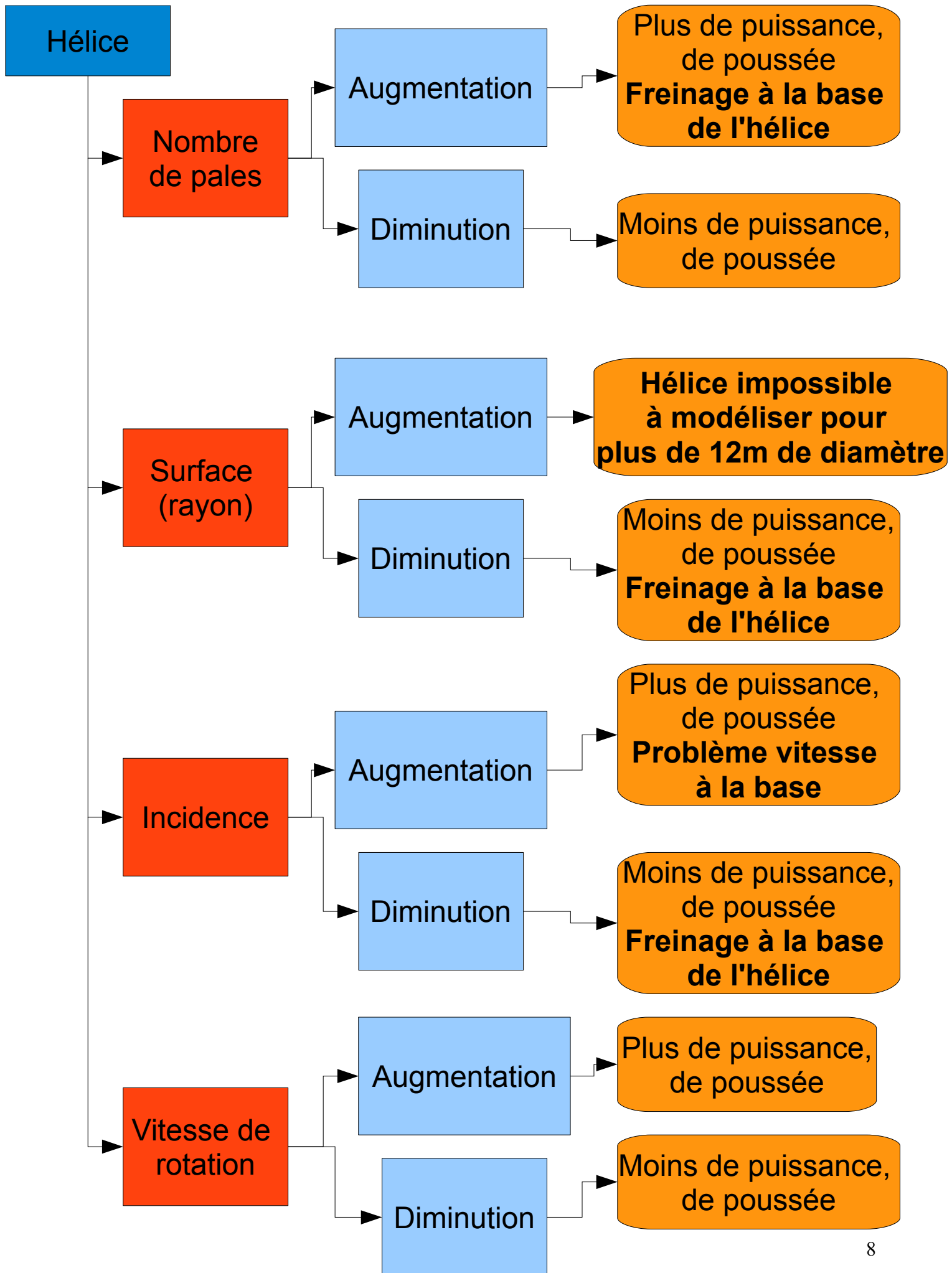


a) Modélisation de l'hélice :



- poussée obtenue correcte mais puissance demandée relativement supérieure
- marge d'erreur due à la base de donnée limitée

II)3) Réaction de notre hélice à quelques variations



-hélice plus conforme après ces variations.

→ un seul type d'hélice pour notre usage spécifique, ici pour les porte-conteneurs

→hélice type navire offshore → résultats similaires

Conclusion :

-le type de propulsion conditionne la forme

-un usage non adapté réduit le rendement de l'hélice ou la détériore

-une augmentation progressive de la taille des hélices

-la solution maritime, la plus rentable

-difficultés à trouver d'autres moyens de propulsion