

Connaissance des aéronefs

Connaissance des aéronefs : Moteurs

- I. L'hélice
- II. Les moteurs à pistons
- III. Les turboréacteurs
- IV. Les statoréacteurs
- V. Les turbopropulseurs
- VI. Les moteurs fusée

2

Moteurs

1

I. L'hélice

- Extrapolée de l'hélice navale.
- Constituée de plusieurs pales :
 - 2 = bipale
 - 3 = tripale
 - 4 = quadripale ...
- La forme des pales est plus ou moins complexe
- Construction en :
 - Bois
 - Métal
 - Matériau composite



I. L'hélice



4

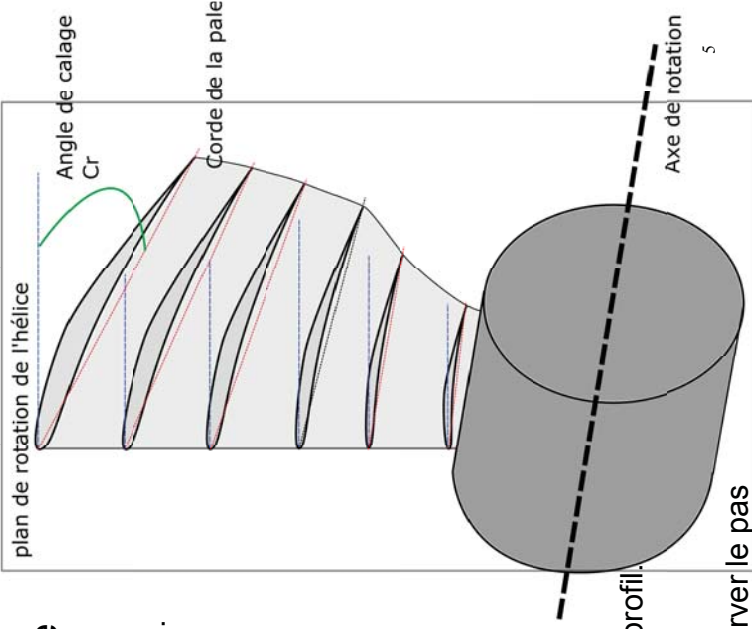
I. L'hélice

- Le profil d'une pale est similaire à un profil d'aile.
- L'angle de calage Cr évolue depuis l'axe vers l'extrémité de la pale.
- Pas de l'hélice = avance dans l'air en un tour.

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \tan(Cr)$$

r = distance de l'axe au profil.

- Hélice vrillée pour conserver le pas



5

I. L'hélice

- Cr donne incidence i dans l'air pendant rotation
=> résultante forces aérodynamiques
 - Rz équivalent d'une portance
 - Rx traînée
 => force de traction.
- La casserole d'hélice permet d'améliorer l'écoulement sur les pales.
- Rendement de l'hélice : $r = \frac{P_{utile}}{P_{absorbée}}$
- Pour un calage donné le rendement dépend de la vitesse.

6

I. L'hélice

- Calage fixe => optimisé pour la croisière.

- Pas variable :

- Petit pas = grande puissance
=> décollage, atterrissage et manoeuvre
- Grand pas = grande efficacité
=> croisière

- L'hélice peut être :

- Tractrice si placée à l'avant
- Propulsive si placée à l'arrière

- Pour freiner on peut réaliser un changement de pas pour obtenir une inversion de traction.

7

I. L'hélice

- Les régimes de l'hélice :

- Normal : fournit une traction.
- Transparence : à une certaine vitesse avion, pour un calage et une vitesse de rotation donné, la traction devient nulle.
- Freinage : mêmes conditions, si $Va \uparrow$, i devient < 0 l'hélice freine.
- Moulinet : rotation hélice par la vitesse aérodynamique (moteur arrêté).
- Inversion de poussée : calage < 0 => freinage important (au sol).
- Drapeau : calage à 90° => ni traînée ni traction.

8

II. Les moteurs à pistons.

- Constitution du moteur : + animation YouTube
- Un mélange d'air et de carburant vaporisé est introduit dans le cylindre.
- Le piston comprime le mélange.
- Une bougie fournit une étincelle qui enflamme le mélange.
- La combustion fournit de l'énergie pour renvoyer le piston et faire tourner l'arbre moteur.

9

II. Les moteurs à pistons.

- Même principe que les moteurs de voiture mais en alliages plus légers.
- 4 à 8 cylindres en général. Jusqu'à 24.

- Disposition des cylindres :

- A plat
- En V
- En étoile

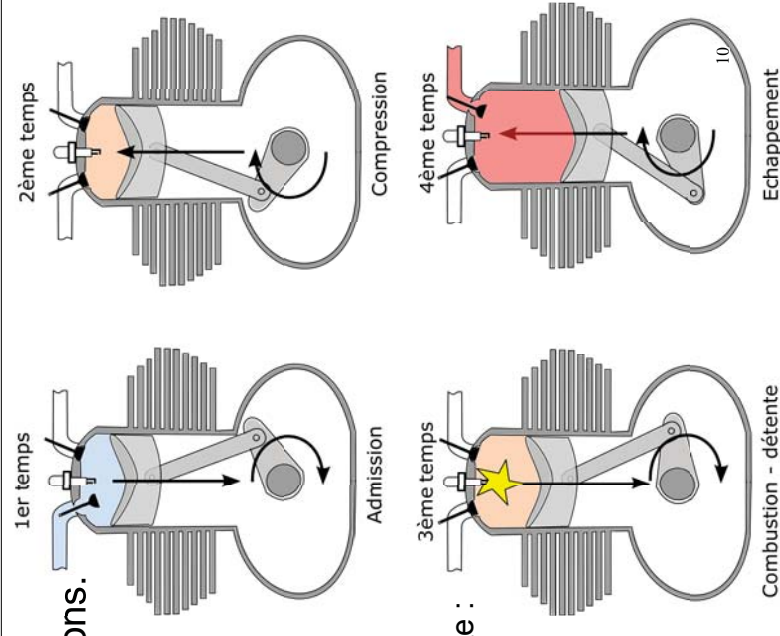
- L'allumage est assuré par un double circuit de magneto

- Les moteurs plus puissants sont turbocompressés pour maintenir la puissance en altitude.

11

II. Les moteurs à pistons.

- 1. Admission :
- 2. Compression :
- 3. Combustion – détente :
- 4. Echappement :



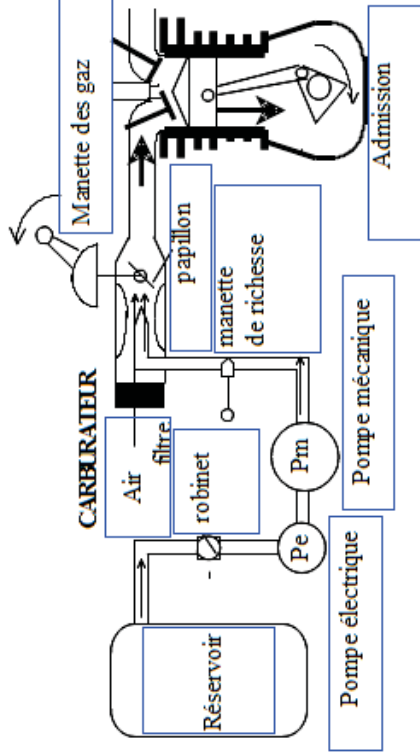
II. Les moteurs à pistons.



12

II. Les moteurs à pistons.

- Le mélange air – carburant peut se faire par un carburateur ou directement par injection dans le cylindre.



- La manette de richesse permet de régler le mélange air – carburant (1g pour 15g en proportions stoechiométriques).
- Le mélange est réglé pour être riche (1,25).

13

II. Les moteurs à pistons.

- Certains moteurs d'avion sont réglés pour fonctionner au carburant automobile et même au diesel.
- L'essence doit être adaptée au moteur : un indice d'octane plus élevé entraîne un encrassement du moteur par mauvaise combustion et un indice plus faible peut détruire le moteur par une augmentation excessive de la température et une détonation trop violente.

15

II. Les moteurs à pistons.

- Les essences :
 - pouvoir calorifique élevé
 - bonne résistance à la détonation
- Pour qualifier les essence on utilise un « indice d'octane » :
 - indice 0 : extrêmement détonant
 - indice 100 : très peu détonant

indice d'octane de 80 = pouvoir antidétonnant d'un mélange de 80% d'octane et 20% d'heptane.

- Le plomb permet de diminuer le pouvoir détonnant d'un mélange et sert de lubrifiant
- Grades = indices d'octane mélanges pauvres et mélanges riches.

La couleur des essences est révélatrice de leurs grades :

- 80/87 : rose (aviation)
- 100LL : bleue (aviation)
- 100/130 : verte (aviation)
- 115/145 : violette
- sans plomb blanche

14

II. Les moteurs à pistons.

- Contrôle du fonctionnement :
 - Tachymètre
 - T° et P d'huile
 - P carburant ou débit et p admission



16

II. Les moteurs à pistons.

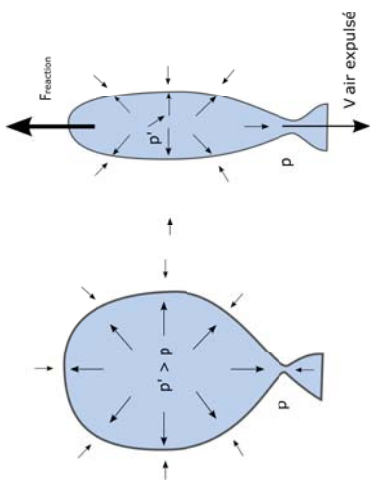
- Performances :
 - Puissances de 60 à + 3000ch (2,2MW)
 - Vitesses jusqu'à + 700 km/h
- Utilisation :
 - Aviation de tourisme
 - Par le passé également avions de combat et avions de ligne

17

III. Les Turboréacteurs.

- Des gaz sous pression dans une enveloppe s'échappent vers la zone de plus basse pression.
- Le surcroît de pression se transforme en vitesse conformément au théorème de BERNOULLI:

$$p' = p + r \cdot \frac{v^2}{2}$$



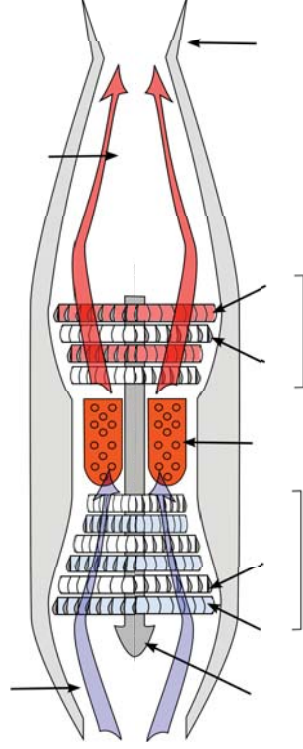
- La masse d'air expulsée crée une force sur l'enveloppe, c'est la poussée par réaction.

$$F = Dm \cdot V_{air}$$

18

III. Les Turboréacteurs.

- Principe d'un turboréacteur monocorps monoflux :



- La poussée résulte de la masse de gaz expulsée et de la différence de vitesse des gaz entre l'entrée et la sortie:

$$F = Dm \cdot (V_s - V_e)$$

19

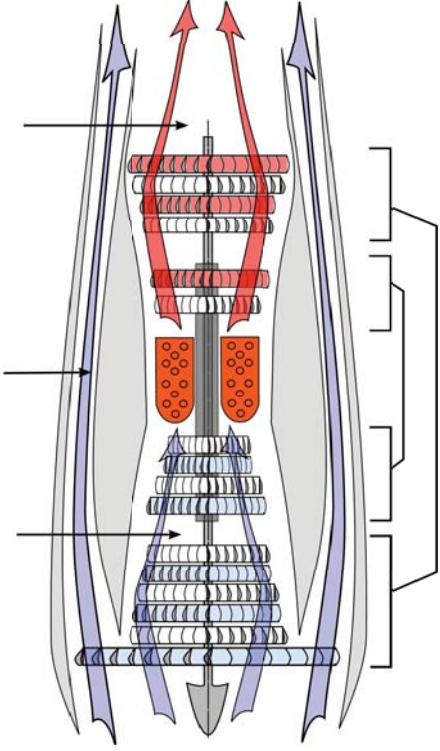
III. Les Turboréacteurs.

- Entrée d'air : $V_{air} \downarrow, p \uparrow$ et $T \uparrow$
- Compresseur :
 - Roues constituées d'aubes ou ailettes
 - roues mobiles (compression) et roues fixes (redressement)
 - Ensemble 1 roue mobile + 1 roue fixe = 1 étage
 - Ensemble d'étages solidaires (2 à 15) = 1 corps
- Chambre de combustion :
 - Injection du carburant
 - Combustion du mélange
- Turbine :
 - Même constitution que le compresseur
 - Prend de l'énergie aux gaz (rotation compresseur, génération hydraulique, électrique...) => $p \downarrow$
 - Un corps de turbine est solidaire d'un corps de compresseur
- Tuyère : $P_{gaz} \downarrow \Rightarrow V_{gaz} \uparrow \Rightarrow F \uparrow$

20

III. Les Turboréacteurs.

- Double corps – double flux :

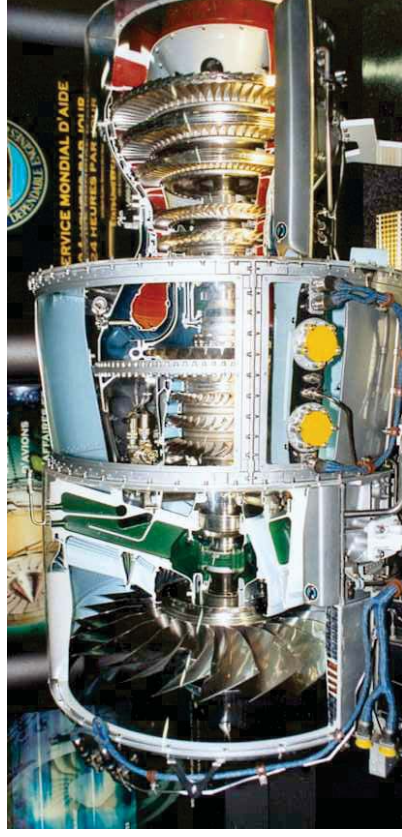


21

III. Les Turboréacteurs.

- Permet de diminuer la consommation spécifique.
- Augmente de façon importante la poussée à peu de frais (grand fan des réacteurs civils).
- Taux de dilution :
 - Grand : civils (jusqu'à 15 : 1 => 80% de la poussée sur le Fan)
 - Petit : militaires
- Tuyère :
 - Convergente en écoulement subsonique
 - Convergente – Divergente en écoulement supersonique²²

III. Les Turboréacteurs.



Réacteurs double corps – double flux : civil de chez PW et militaire (LARZAC – α jet).



23



Entrée d'air et Fan B787



Tuyère A380

Réacteurs en nacelle et tuyère APU

- Il reste assez d'oxygène dans la tuyère pour brûler du carburant = POSTCOMBUSTION
- Employée sur les avions militaires²⁴
- Surcroît de poussée (20-30%)

III. Les Turboréacteurs.



Entrées d'air d'un Su 30
Anneaux de PC d'un Mirage 2000



Paupières de tuyères d'un Typhoon (contrôle de la géométrie en sortie de tuyère) et dispositif de poussée vectoriel et contrôle des paupières pour le même appareil.



25

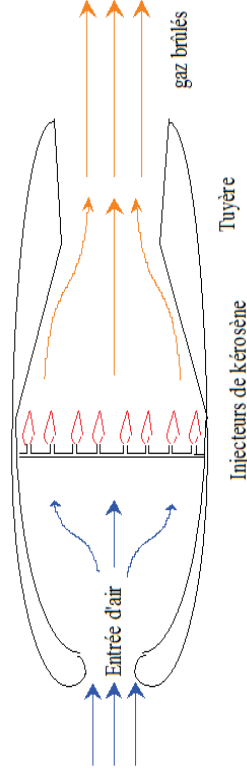
III. Les Turboréacteurs.

- Contrôle du fonctionnement:
 - tachymètre gradué en % indique le régime de fonctionnement (50 à 110%).
 - T° tuyère (ou EGT)
 - T) et p huile de lubrification
- Puissances de 500 daN à 30 000 daN.
- Utilisations:
 - Avions de ligne
 - Jet d'affaires
 - Avions de combat
- Le carburant utilisé est du kérosène.

26

IV. Les Statoréacteurs.

- Un statoréacteur est un réacteur sans parties mobiles :

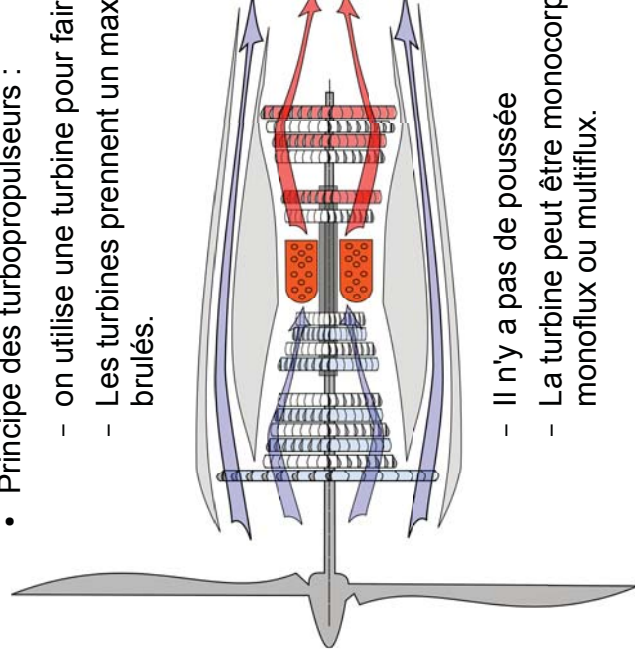


- Il nécessite une vitesse initiale pour pouvoir être allumé.
- Il est utilisé pour les missiles.

27

V. Les Turbopropulseurs.

- Principe des turbopropulseurs :
 - on utilise une turbine pour faire tourner une hélice
 - Les turbines prennent un max d'énergie aux gaz brûlés.

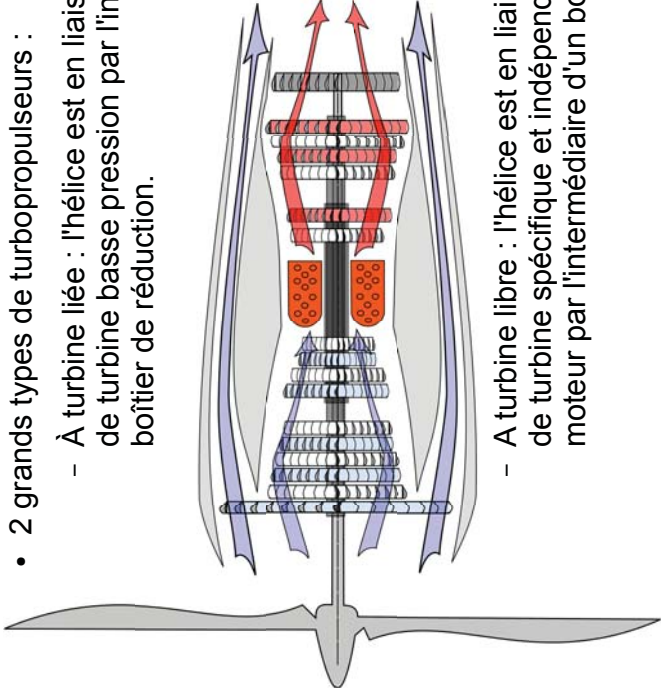


- Il n'y a pas de poussée
- La turbine peut être monocorps ou multicorps et monoflux ou multiflux.

28

V. Les Turbopropulseurs.

- 2 grands types de turbopropulseurs :
 - À turbine liée : l'hélice est en liaison avec le corps de turbine basse pression par l'intermédiaire d'un boîtier de réduction.



- A turbine libre : l'hélice est en liaison avec un étage de turbine spécifique et indépendant du reste du moteur par l'intermédiaire d'un boîtier de réduction.

29

V. Les Turbopropulseurs.

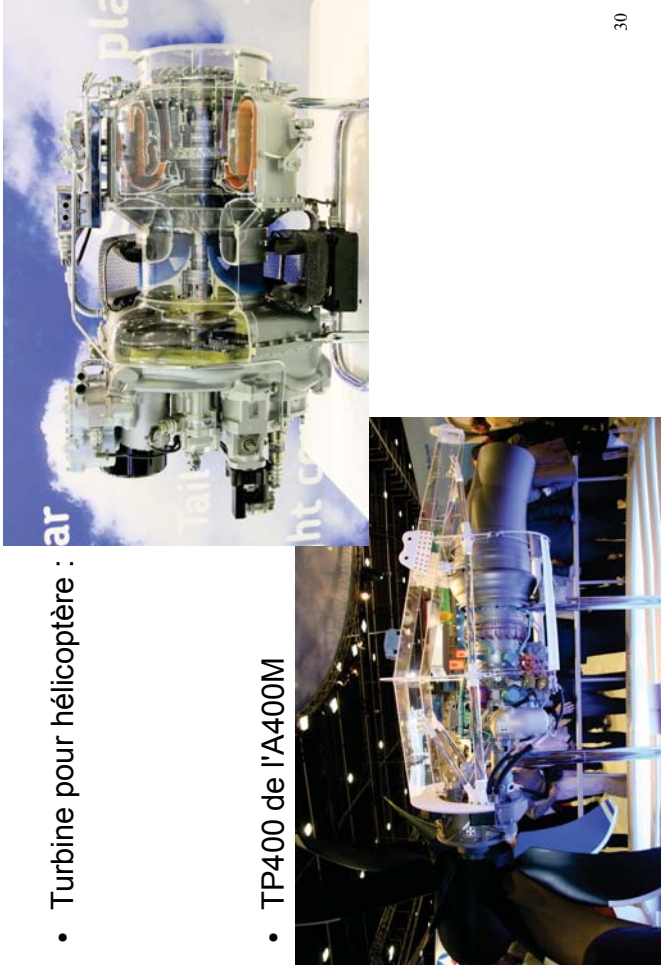
- Contrôle du fonctionnement:
 - régime de rotation de la turbine N1 et N2 en %
 - couple hélice
 - T° turbine (ITT)
 - débit carburant (FF)
- Le contrôle du pas de l'hélice peut être manuel ou automatique selon les appareils.



31

V. Les Turbopropulseurs.

- Turbine pour hélicoptère :
- TP400 de l'A400M



30

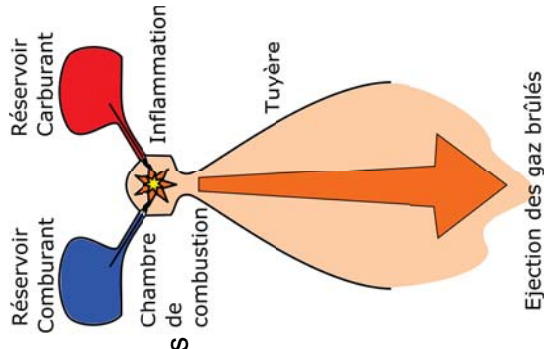
V. Les Turbopropulseurs.

- Performances :
 - Puissances de 300 à 11 000 ch
 - Vitesses de prédilection : 300 à 800 km/h
- Utilisations :
 - Avions de transport régionaux
 - Avions de transport militaires
 - Avions de servitude (épandage, largage para, brousse...)
 - Avions d'affaires
 - Hélicoptères (tous sauf hélicoptères légers)

32

VI. Moteurs fusée

- Propulseur par réaction.
 - Pas d'admission d'air.
 - Carburant et comburant dans 2 réservoirs séparés.
 - Mise en contact => combustion.
 - Brûle des :
 - Ergols
 - Propergols
 - Hypergols
- Liquides, solides ou gazeux.



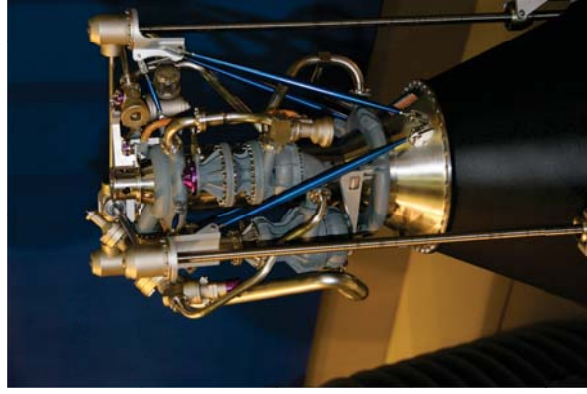
33

VI. Moteurs fusée



34

VI. Moteurs fusée



35

VI. Moteurs fusée

- Performances : poussées pouvant dépasser les 100 000 daN.
- Utilisations:
 - Lanceurs spatiaux
 - Missiles

36