



CONCEPTION ET REALISATION DE PALES DE PETITES EOLIENNES

Professeur MLIHA TOUATI Mohammed

Ecole Mohammadia d'Ingénieurs – Rabat – Maroc



PLAN DE L'EXPOSE

CLASSES DE MATERIAUX

MATERIAUX UTILISES DANS LES EOLIENNES

THEME DE RECHERCHE PROPOSE

CLASSES DE MATERIAUX

➔ Rôle important des matériaux dans les mutations technologiques

➔ Prise en compte des propriétés des matériaux dans toute conception et fabrication de produits

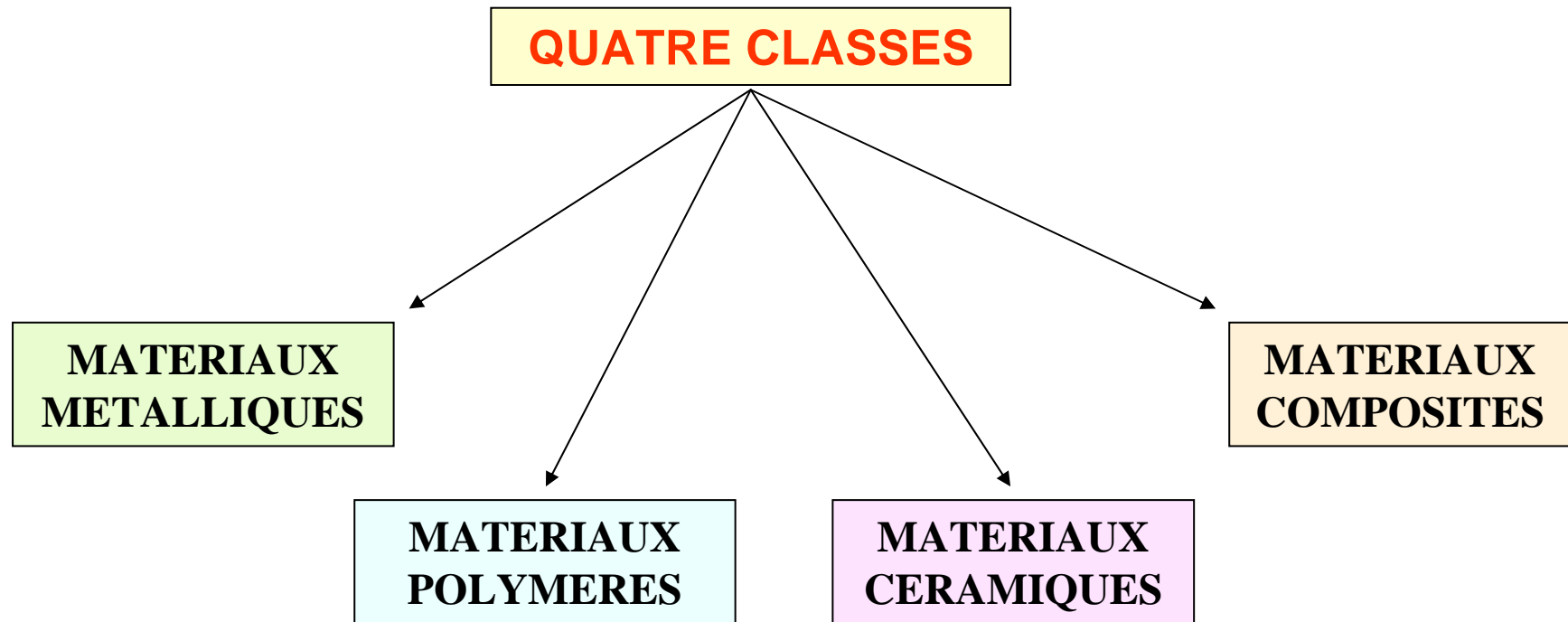
➔ **Choix de matériaux** : résistance vis-à-vis de toutes sortes de sollicitations

Mécaniques

Chimiques

Thermiques

Electromagnétiques





MATERIAUX METALLIQUES

➔ Très bons conducteurs électriques et thermiques

➔ Dureté et rigidité élevées

➔ Grande capacité de déformation plastique



MATERIAUX POLYMERES

→ Deux catégories : **thermoplastiques** - **thermodurcissables**

→ Isolants électriques et thermiques

→ Légers et très faciles à mettre en œuvre

→ Peu rigides et utilisés à des températures $< 200^{\circ}\text{C}$



MATERIAUX CERAMIQUES

➔ Résistances mécanique et thermique élevées (réfractaires)

➔ En général isolants électriques et thermiques

➔ Très durs et fragiles



MATERIAUX COMPOSITES

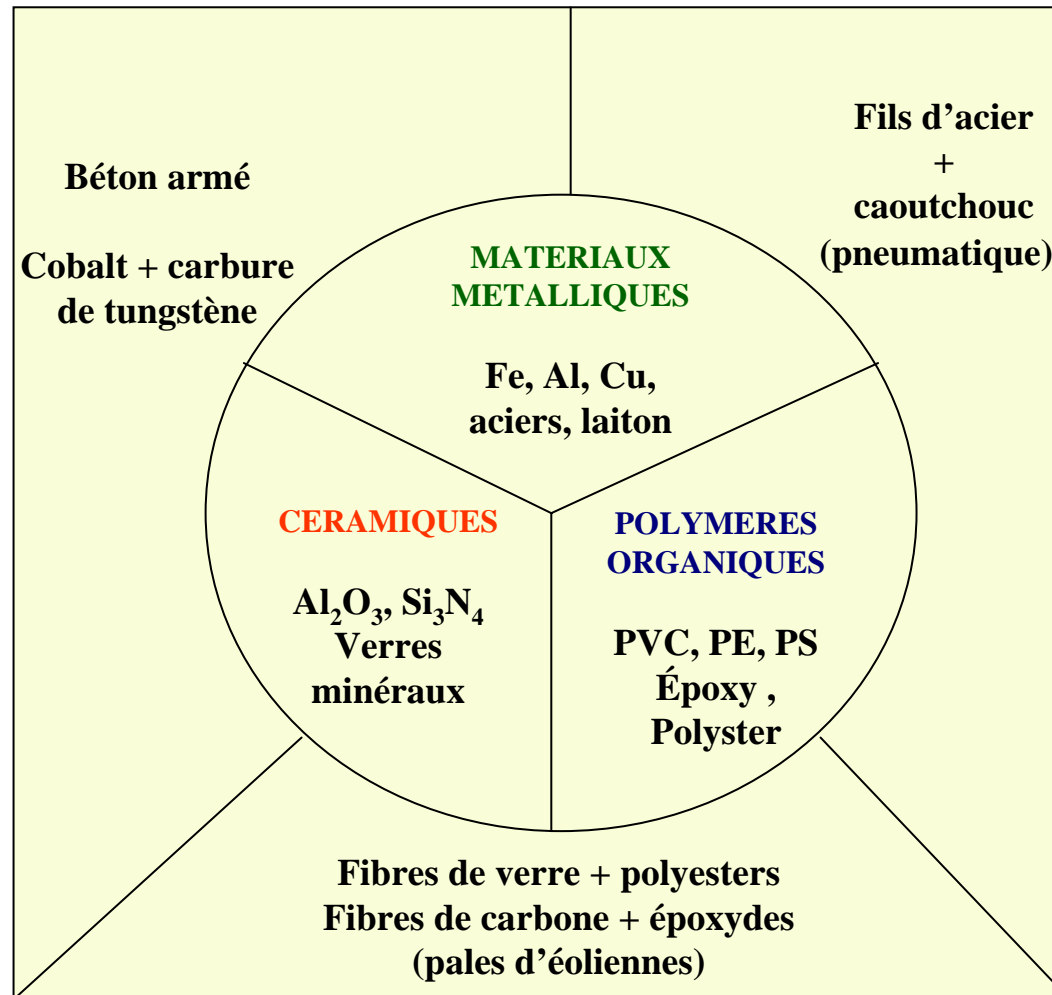
➔ Combinaison de matériaux de classes différentes

➔ **Constitution** = matrice + renfort

➔ Propriétés **améliorées** par apport des propriétés spécifiques de chaque matériau

➔ **Composite** = matériau « sur mesure »

MATERIAUX COMPOSITES



CHOIX DE MATERIAUX

→ Primordial pour la réalisation de tout objet

→ **Facteurs conditionnant le choix d'un matériau**

FONCTIONS PRINCIPALES DE LA CONSTRUCTION

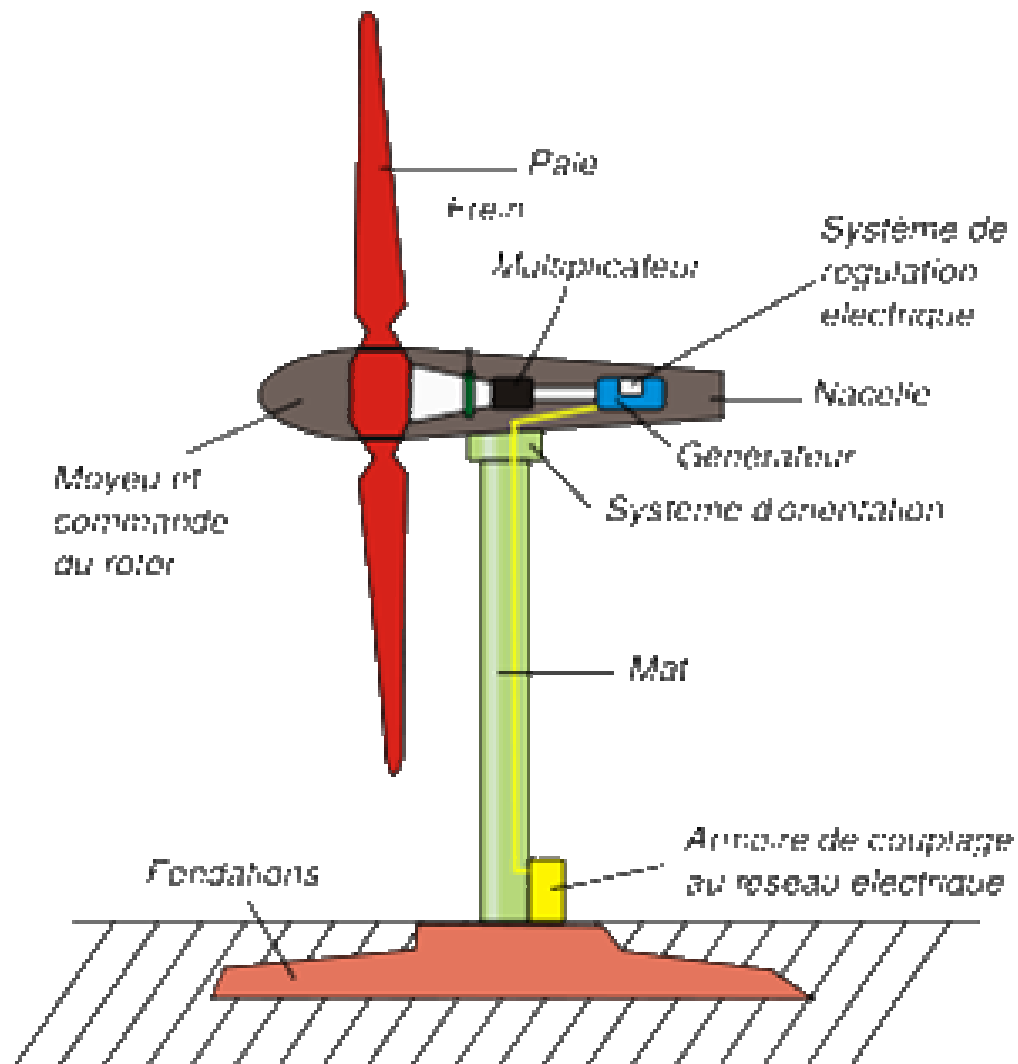
- Modes de sollicitation
- Températures d'utilisation
- Conditions générales d'emploi

PRIX DE REVIENT ET DISPONIBILITE DU MATERIAU

COMPORTEMENT INTRINSEQUE DU MATERIAU

- Résistance à la rupture, à l'usure, à la corrosion
- Conductibilité, etc.

MATERIAUX UTILISES DANS LES EOLIENNES



Fabrication de la tour d'une éolienne

→ La tour de l'éolienne supporte la nacelle et le rotor

→ Types de tours pour les grandes éoliennes :
tubulaire, en treillis

→ **Tours en treillis** : fabrication par soudage
de profilés d'acier



➔ **Tours des éoliennes modernes** : tubulaires et coniques, fabriquées en acier par soudage de plusieurs petites sections coniques, coupées et laminées

➔ **Protection contre la corrosion** : revêtement en époxy

➔ **Fixation des tours par boulons aux fondations**




Matériau pour la nacelle

→ **Nacelle** = structure métallique soudée supportant les différents éléments de transmission et le groupe hydraulique

→ **Matériau utilisé** : acier

→ **Protection contre la corrosion** : revêtement en époxy





Matériau pour les pales



Techniques de construction et matériaux utilisés pour les pales : semblables à ceux du domaine aéronautique



Premières éoliennes : réalisées en matériaux métalliques mis en œuvre par l'intermédiaire de structures à base de longeron et de nervures



Inconvénients : problèmes de poids et risques de ruptures par fatigue
⇒ matériaux réservés en général à des pales de petites dimensions



LE BOIS

➔ Matériau léger - facile à travailler - résiste bien à la fatigue

➔ **Inconvénients** : sensible à l'érosion – faible résistance à la déformation



Le bois est réservé pour des pales assez petites, 2 à 3 m au maximum

➔ Vernissage des pales après mise en oeuvre



LE LAMELLE-COLLE

➔ Matériau composite constitué d'un empilement de lamelles de bois collées ensemble soit d'essences différentes, soit de même nature

➔ Colles utilisées : à base de résine époxy

➔ Réalisation de pales jusqu'à 5 à 6 m de longueur ayant une bonne tenue en fatigue



LES ALLIAGES D'ALUMINIUM

➔ Matériaux légers, résistants à la corrosion et à la fatigue


➔ Techniques de fabrication semblables à celles de l'aéronautique

➔ Utilisation pour la réalisation de pales allant jusqu'à 20 m de longueur



LES MATERIAUX COMPOSITES

- ➔ **Intérêt** : permettre la réalisation de toutes les formes et dimensions (au-delà de 30 m)
- ➔ Obtention de caractéristiques mécaniques **exactes** recherchées : pale vrillée, corde évolutive, changement de profil
- ➔ Possibilité de faire varier la quantité de matière le long de la pale
- ➔ Faible masse, résistance à la corrosion, bonne tenue en fatigue



➔ **Renforts** : tissus en fibres de verre, de carbone ou de Kevlar

➔ **Tissus composés** : verre - carbone, verre - Kevlar, carbone - Kevlar

➔ **Matrices** : en général résines époxydes ou polyesters (thermodurcissables)

➔ **Tissus pré-imprégnés de résine** : obtention de pales ayant une masse volumique quasi-uniforme et des propriétés reproductibles



➔ Certains fabricants utilisant le **polypropylène** (thermoplastique) comme matrice de pales pour petites éoliennes

➔ **Avantages** : diminution du temps et du coût de fabrication, pales recyclables en fin de vie



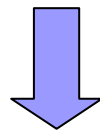
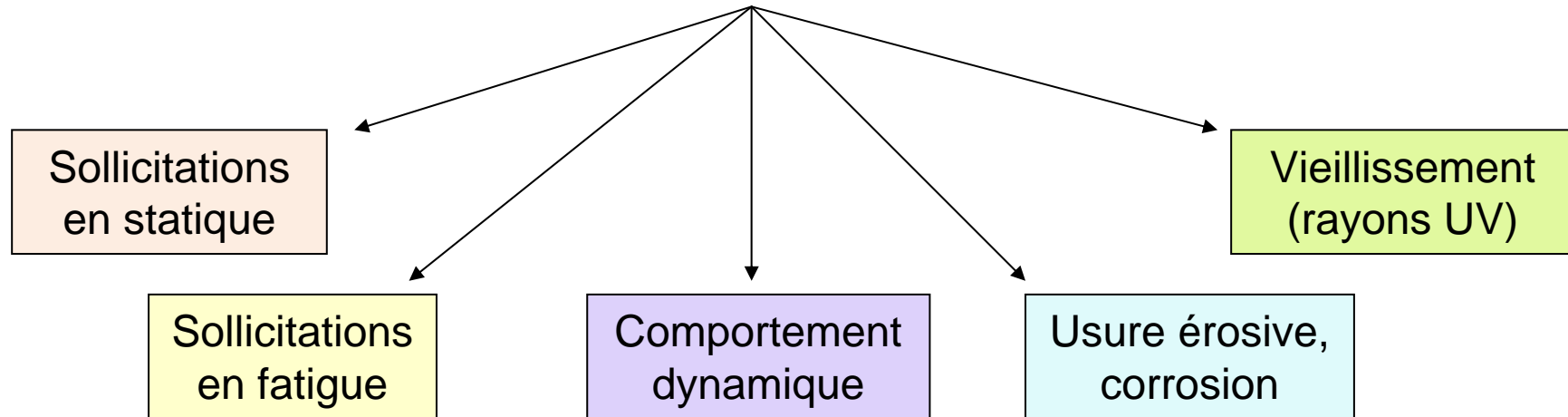


THEME DE RECHERCHE PROPOSE

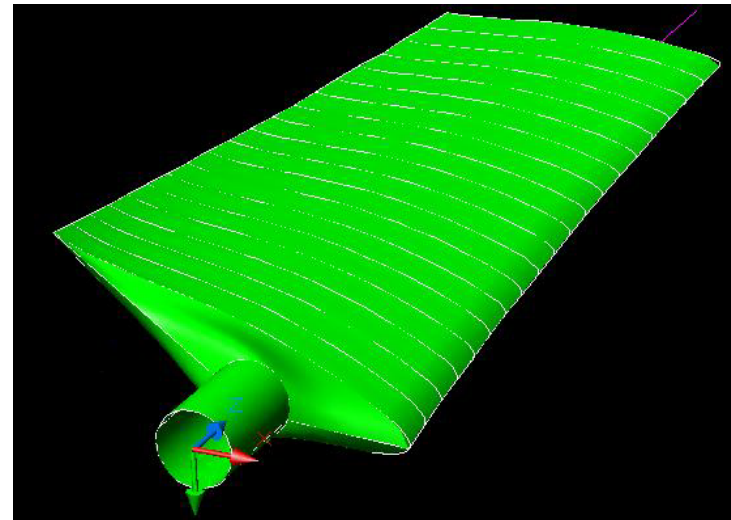
**Conception et
réalisation de pale pour
petite éolienne**



Prise en compte des différents types de sollicitations

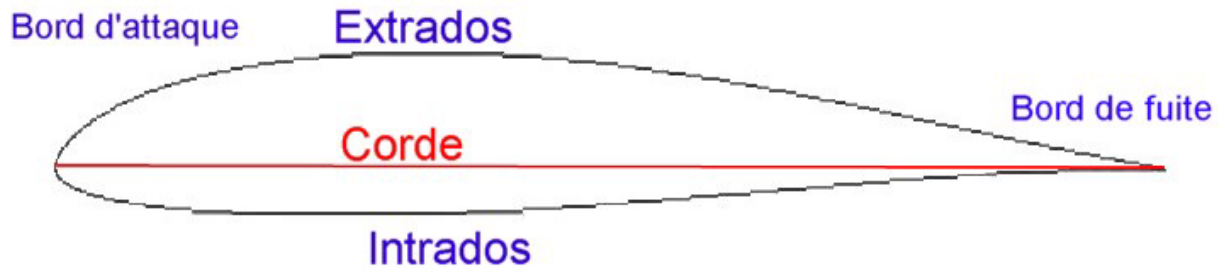
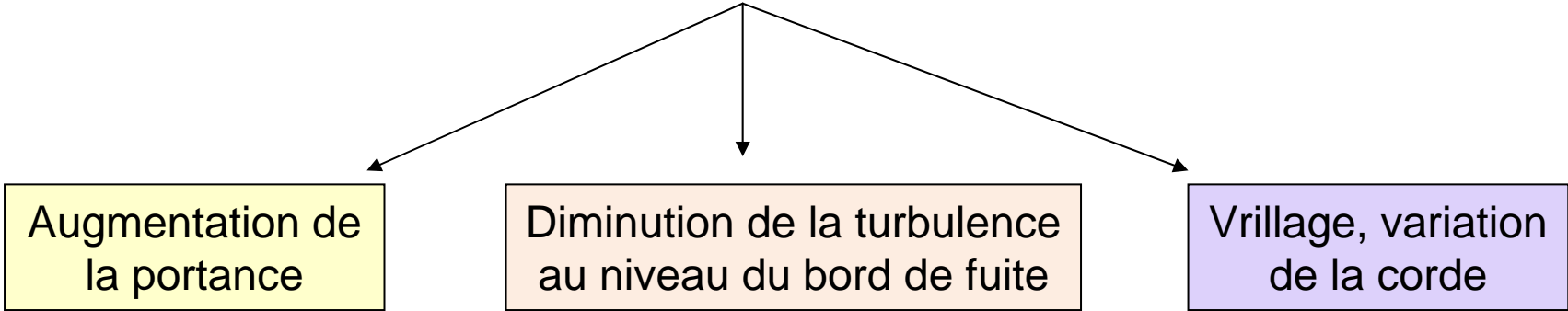


Dimensionnement de la pale





Optimisation du profil aérodynamique de la pale



Choix de matériaux et du procédé de fabrication de la pale



Fabrication de la pale (collaboration industrielle)



Réalisation des travaux

- Collaboration avec les partenaires du projet
- Collaboration avec des industriels
- Projets de fin d'études
- Recherches thématiques
- Mini-projets