

# Matériaux

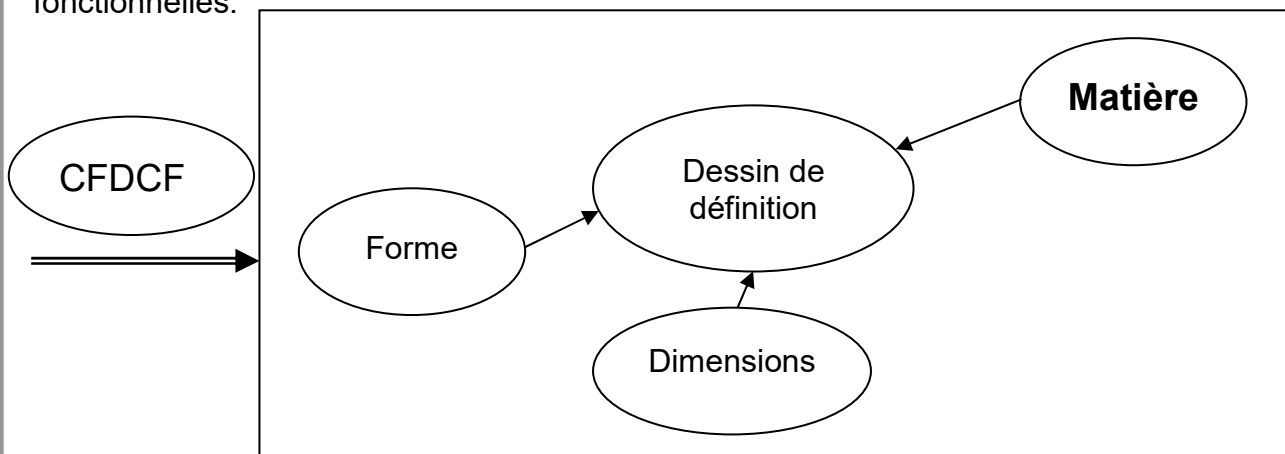


## 1 – OBJECTIF :

*Décrire et indiquer les caractéristiques, les propriétés et la désignation des principaux matériaux.*

### 1.1. Mise en situation :

Le dessin de définition d'une pièce mécanique comprend la forme, les dimensions ainsi que la spécification exacte de la matière la constituant et doit respecter le cahier des charges fonctionnelles.



## 1.2.Familles de matériaux :

Les matériaux se divisent en plusieurs familles.

Matériaux Métalliques	Ferreux (acier, fontes, ...)
	Non ferreux (alliages d'aluminium, de cuivre, ...)
Matière Plastique	Thermoplastiques
	Thermodurcissables
	Elastomères
Matériaux Minéraux	De grande diffusion : granulats, ciments, bétons
	Spécifiques : verres, amorphes, cristaux, céramiques
Matériaux composites	A âme organique
	A âme métallique

## 1.3. Justification du choix d'un matériau :

Chaque matériau possède des caractéristiques spécifiques. Certains possèdent une grande résistance mécanique, pouvant supporter des contraintes importantes en subissant de faibles déformations, alors que d'autres vont se déformer sous le moindre effort pour épouser la forme du support. En observant un ensemble mécanique, nous pouvons aisément justifier le choix du concepteur pour tel ou tel matériau en fonction de l'emploi de la pièce.

### Exemples :

- Axe réducteur :
  - Matériau utilisé : **Acier**.
  - Pourquoi utilise t'on ce matériau :
    - **Pour sa résistance mécanique.**
- Carter réducteur :
  - Matériau utilisé : **Alliage d'aluminium**.
  - Pourquoi utilise t'on ce matériau :
    - **Faible densité.**
    - **Bonne conductibilité thermique pour le refroidissement.**
    - **Facilement coulable.**
- Roue dentée :
  - Matériau utilisé : **Alliage de cuivre (bronze)**.
  - Pourquoi utilise t'on ce matériau :
    - **Faible coefficient de frottement.**
- Voyant :

- Matériau utilisé : **plastique**.
- Pourquoi utilise t'on ce matériau :
  - **Transparent**.
  - **Résiste aux petits chocs**.

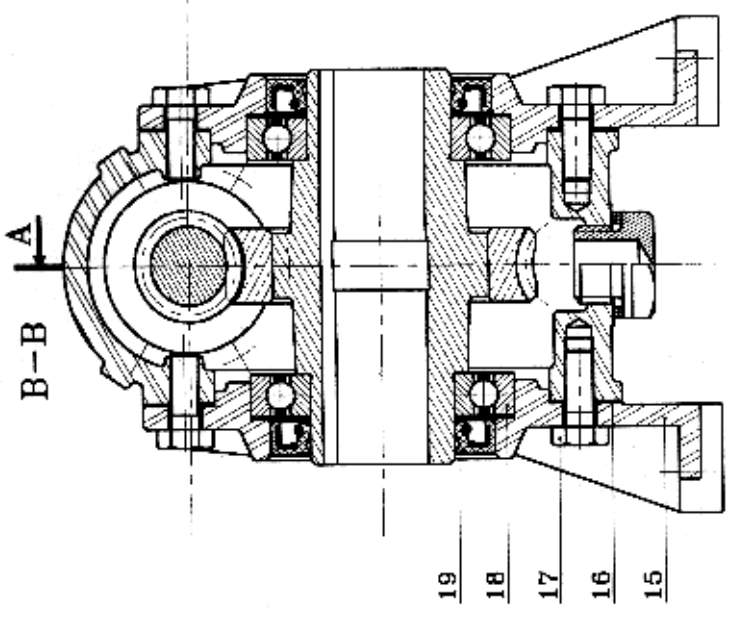
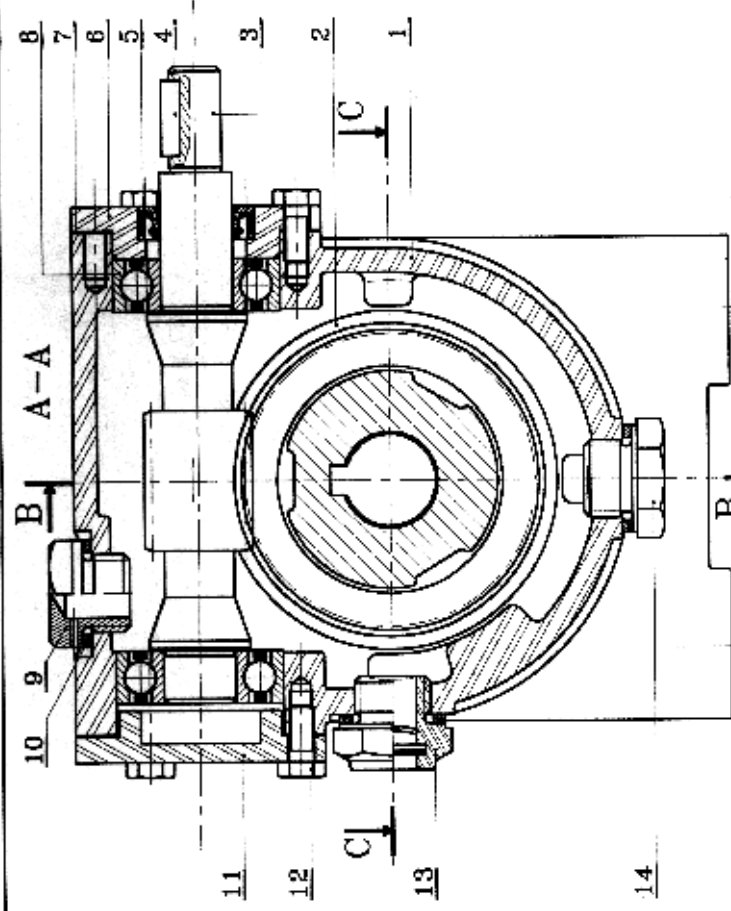
#### **1.4. Etude des solutions technologiques du réducteur RI40 :**


A partir du dessin d'ensemble du réducteur RI40 (format A3) et de la nomenclature :

19	2	Joint à lèvres		
18	2	Roulement à billes 16006		
17	8	Vis H M6X16 classe 8.8		
16	2	Joint plat		
15	2	Flasque à pattes	Alliage aluminium	Densité, rigidité, cond. thermique
14	1	Bouchon de vidange		
13	1	Voyant de niveau d'huile	Plastique	Transparence, résistance aux chocs
12	6	Vis H M5X12 classe 8.8		
11	1	Chapeau arrière	Alliage aluminium	Densité, moulage
10	3	Rondelle d'étanchéité		
9	1	Bouchon de remplissage		
8	2	Roulement à billes 6202		
7	2	Joint plat		
6	1	Chapeau moteur		
5	1	Joint à lèvres		
4	1	Clavette parallèle, forme A	Acier	Résistance mécanique
3	1	Vis sans fin	Acier	Rigidité, dureté
2	1	Roue creuse	Fonte et alliage de cuivre	Rigidité, moulage, coef. frottement
1	1	Carter	Alliage aluminium	Densité, rigidité, cond. thermique
REP.	Nbre	Désignation	Matière	Observation

Identifier sur le plan les pièces suivantes : {1, 2, 3, 4, 6, 11, 13, 15} (s'aider de la forme des hachures dans les dessins de coupes).

- Colorier les pièces en fonction de la nature du matériau : (les pièces sont disponibles dans les malles du RI 40).
  - Acier : bleu.
  - Fonte : gris.
  - Alliage d'aluminium : jaune.
  - Alliage de cuivre : orange.
  - Plastique : rouge.
  - Composites : traits croisés noirs.
  - Céramiques : vert.
- Remplir la colonne « Matière » de la nomenclature.
- Identifier les caractéristiques principales des matériaux utilisés (remplir la colonne « observation » de la nomenclature).




  
 Dessiné : AG
   
 Ech. 1:1

**REDUCTEUR RI40**  
**A ROUE ET VIS SANS FIN**

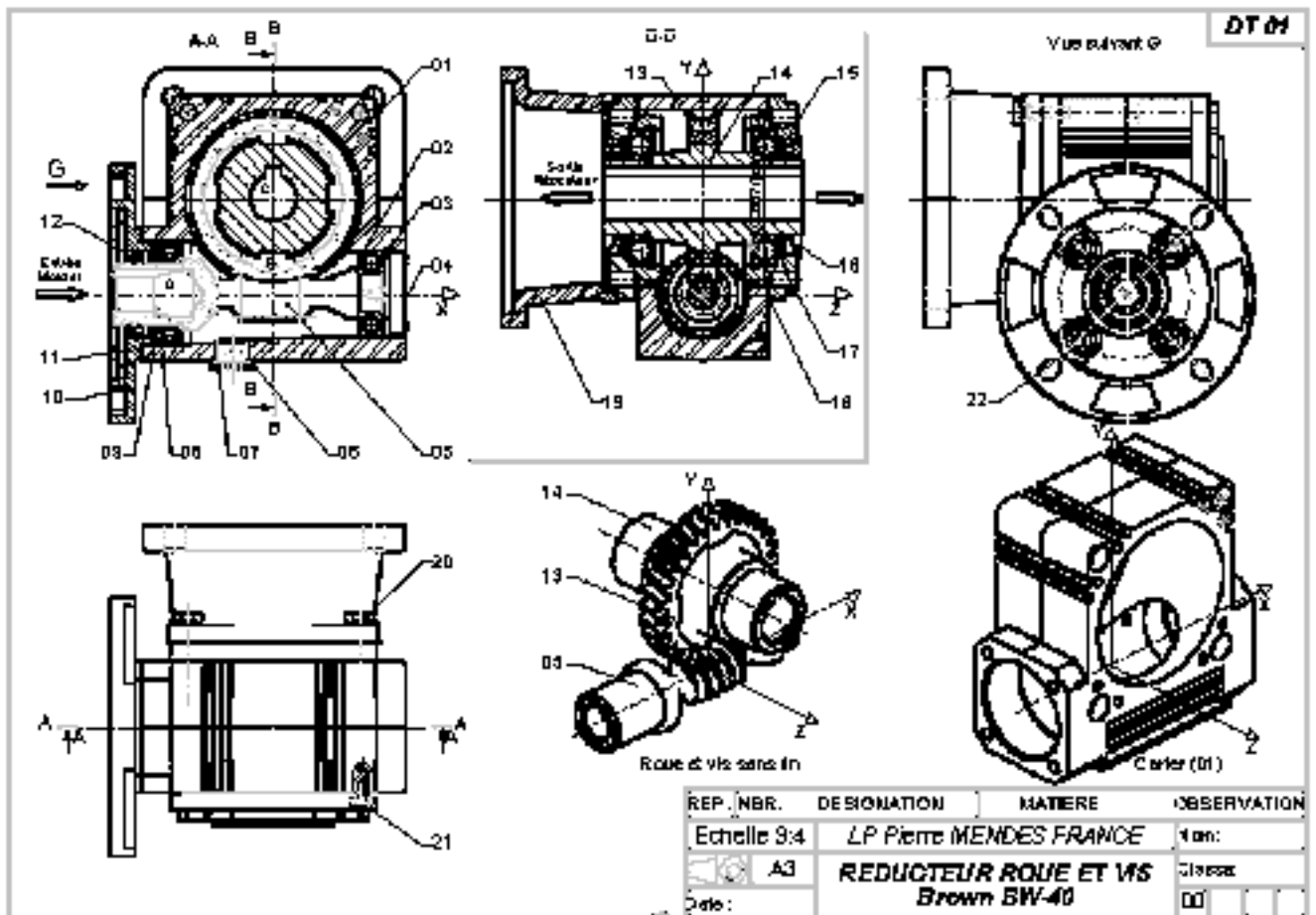
DOSSIER TECHNIQUE : page 2/15

-ZAC "LES PETITS CARRAUX" - BP 6-94371 SUEY EN DREY - FRANCE - 18130 143.71.11.47 - FAX 03.3143.38.1.5.58-

## 2. CARACTERISATION D'UN MATERIAU EN FONCTION DE SON USAGE :

### 2.1. Exemple :

A partir des plans d'ensembles du réducteur BW40 et du cahier des charges fonctionnelles :



CDCF :

Régime maximal d'entrée moteur : 1500 tr/min.

Couple nominal d'entrée : 20 Nm

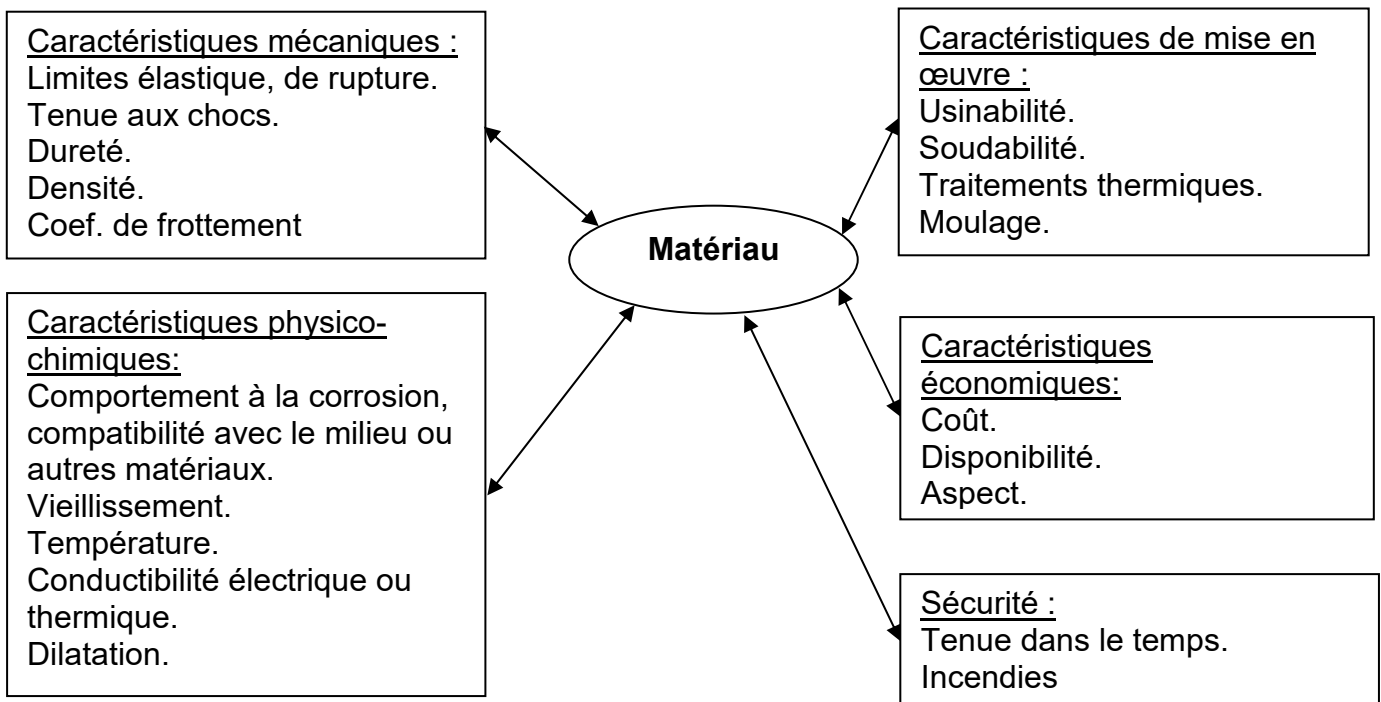
Carter moteur 1 :

- Nature des contraintes exercées sur le carter 1 : **Supporter le moteur, ne pas se déformer sous le couple moteur et du récepteur, contenir de l'huile, évacuer la chaleur vers l'extérieur (rendement de l'ensemble roue / vis sans fin faible), être moulable.**
- Quel matériau peu convenir, pourquoi :
  - **Plastique : non, car ne supporte pas des efforts élevés (couple à transmettre), ne permet pas d'évacuer la chaleur de l'huile**
  - **Alliage d'aluminium : oui, car il supporte les efforts à transmettre, il est un bon conducteur thermique, il se moule facilement.**

Nous voyons ici que le choix d'un matériau dépend de l'usage de la pièce, donc du cahier des charges fonctionnelles.

## 2.2.Critères de choix d'un matériau :

Lors de la conception du produit, le concepteur va choisir un matériau qui répond aux critères imposés par le cahier des charges fonctionnelles.



## 2.2.Exemples de critères :

A partir des exemples montrés par le professeur en classe et dans l'atelier, remplir le tableau suivant : Mettre une croix dans la case du critère auquel le matériau doit répondre et indiquer la nature du matériau utilisé.

CRITERES	Dureté	Frottements	Tenue aux efforts	Usinabilité	Soudabilité	Moulage	Conduction électrique	Transparence	Densité	Matériau
Bâtis de tour	X		X	X		X				Fonte
Tourelle de tour	X		X	X		X				Fonte
Mors de tour	X		X	X						Acier
Outils de coupe	X		X	X						Acier
Capot de protection de tour								X	X	Plastique
Poutrelle de l'atelier			X	X	X					Acier
Sol de l'atelier	X	X	X			X				Céramique
Vitres de l'atelier								X		Céramique
Borniers du boîtier électrique				X			X			Alliage cuivre
Supports des borniers						X	X			Plastique
Corps de perceuse à main						X	X		X	Plastique
Corps d'une perforatrice			X	X		X			X	Alliage aluminium
Carter du RI40			X	X		X			X	Alliage aluminium
Vis sans fin du RI40	X	X	X	X						Acier
Roue dentée du RI40	X	X	X	X		X				Alliage cuivre
Boîtier de souris						X			X	Plastique
Bouteille d'eau 2l						X		X	X	Plastique
Bouteille de vin 3/4l						X		X		Céramique
Planche de surf			X			X			X	Composite xxxxxxxxx

### 3. CLASSIFICATION DES MATERIAUX :

#### 3.1. Les aciers :

Les aciers sont des alliages de fer et de carbone avec éventuellement des éléments d'addition.

##### 3.1.1. Classification par emploi :

La désignation commence par la lettre :

**S** pour les aciers d'usage général.

**E** pour les aciers de construction mécanique.

Le nombre qui suit indique la valeur minimale de limite élastique en méga pascals.

Ex: **S** 235 : Limite élastique de 235 méga pascals

S'il s'agit d'un acier moulé la désignation est précédée de la lettre **G** (idem pour les aciers faiblement et fortement alliés).

**Exemple :** **GS** 335 : **acier moulé ayant une limite élastique de 335 MPa.**

##### 3.1.2. Classification par composition chimique :

###### **a) : Aciers non alliés :**

Ils contiennent une faible teneur en carbone. Ils sont très utilisés en construction mécanique.

La majorité est disponible sous forme de laminés marchands (profilés: poutrelle, barre, ...) aux dimensions normalisées.

Utilisation : Ce sont des aciers dont l'élaboration n'a pas été conduite en vue d'une application déterminée.

Désignation :

On écrit successivement:

Lettre C + pourcentage de carbone multiplié par 100.

Ex: C 35 : **0,35% de carbone.**



## b) Aciers faiblement alliés

Pour ces aciers, aucun élément d'addition ne dépasse **5%** en masse (ce pourcentage est ramené à 1% pour le manganèse).

Utilisation : Ils sont choisis lorsque l'on a besoin d'une haute résistance.

Désignation :

On écrit successivement:

- Un nombre égal à 100 fois la teneur en carbone.
- Les symboles chimiques des éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Dans le même ordre, les teneurs des principaux éléments d'addition (multipliées par 4, 10, 100, ou 1000 Cf annexe)
- Eventuellement des indications supplémentaires concernant la soudabilité (S), l'aptitude au moulage (M), ou la déformation à froid (DF).

Exemple : **35 Cr Mo 4 S** → 0.35 % carbone  
1 % chrome ; traces de molybdène (< 1 %)  
soudable

## c) Aciers fortement alliés :

Les aciers fortement alliés possèdent au moins un élément d'addition dont la teneur dépasse 5% en masse.

Utilisation : Ce sont des aciers réservés à des usages particuliers. Par exemple, dans un milieu humide, on utilisera un acier inoxydable qui n'est autre qu'un acier fortement allié avec du chrome (% chrome > 11%).

Désignation :

On écrit successivement :

- La lettre **X**.
- Un nombre égal à 100 fois la teneur en carbone.
- Les symboles chimiques des éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Dans le même ordre, les teneurs des principaux éléments (sans coefficient multiplicateur).

Exemples : **X6 Cr Ni Mo Ti 17-12** → 0.06 % carbone  
17 % chrome ; 12 % molybdène  
traces de titane (< 1 %)

**X4 Cr Mo S 18** → 0.04 % carbone  
18 % chrome  
traces de molybdène et de silicium (< 1 %)

### **3.2. Les fontes :**

Les fontes sont également des alliages de fer et de carbone. Elles ont une excellente coulabilité.

Elles permettent donc d'obtenir des pièces de fonderie (pièces moulées) aux formes complexes.

Elles sont assez fragiles (cassantes), difficilement soudables, et ont une bonne usinabilité.

#### **a) Fontes à graphite lamellaire :**

Les fontes grises sont les plus couramment utilisées parce qu'elles :

- sont économiques.
- amortissent bien les vibrations.
- ont une bonne coulabilité et usinabilité.
- sont peu oxydables.
- ont une bonne résistance à l'usure par frottement.
- résistent bien aux sollicitations de compression.

Utilisation : Carters, bâtis, blocs moteurs, pièces aux formes complexes ...

Désignation :

La désignation commence par le préfixe :

**EN-GJL**

Le nombre qui suit indique la valeur de résistance minimale à la rupture par extension.

Exemple : **EN-GJL-300** → fonte à graphite lamellaire de résistance à la rupture de 300 MPa.

## **b) : Fontes malléables à graphite sphéroïdale :**

Les fontes à graphite sphéroïdal sont obtenues par adjonction d'une faible quantité de magnésium avant moulage. Elles sont plus légères et ont une meilleure résistance mécanique que les fontes grises, dont elles gardent les mêmes propriétés.

Utilisation : Etriers de freins, culbuteur, vilebrequin, tuyauteries soumises à hautes pressions

Désignation :

La désignation commence par le préfixe :

**EN-GJ + S** (sphéroïdale) ou **MB** ou **MW** (malléable).  
Les nombres qui suivent indiquent la valeur en méga pascals de la résistance minimale à la rupture par extension et du pourcentage de l'allongement après rupture.

Exemple : **EN-GJS-400-18** → Fonte à graphite sphéroïdale  
Résistance à la rupture par traction de 400 MPA  
18 % d'allongement résiduelle après rupture.

## **3.3. Alliages non ferreux :**

### **a) Alliages d'aluminium :**

L'aluminium est obtenu à partir d'un minerai appelé bauxite. Il est léger (densité = 2,7), bon conducteur d'électricité et de chaleur. Sa résistance mécanique est faible, il est ductile et facilement usinable. Il est très résistant à la corrosion.

Utilisation : aéronautique du fait de leur légèreté.

Désignation : La désignation utilise un code numérique. Il peut éventuellement être suivi par une désignation utilisant les symboles chimiques.

Exemple : **EN-AW-2017A** ou exceptionnellement **EN-AW-2017A [Al Cu 4 Mg Si]**

## b) Alliages cuivreux :

Il existe de très nombreux alliages de cuivre dont les plus connus sont : les bronzes et les laitons.

### Les laitons :

**Cuivre + Zinc = Laiton (Cu + Zn)**

Les laitons sont faciles à usiner et ont une bonne résistance à la corrosion. Ils peuvent être moulés ou forgés. Ils sont utilisés pour les pièces décolletées, tubes,...

### Les bronzes :

**Cuivre + étain = Bronze (Cu + Sn)**

Les bronzes ont une bonne résistance à la corrosion, un faible coefficient de frottement et sont faciles à mouler. Ils sont utilisés pour réaliser, entre autres, les coussinets et bagues de frottement.

### Désignation :

La désignation commence par le préfixe :

**CU**

+ élément d'addition 1 + % de l'élément d'addition 1

+élément d'addition 2 + % de l'élément d'addition 2

+...

Exemple : **CU Zn 36 Pb 3** → 36 % zinc  
3 % plomb

### **3.4. Les plastiques :**

Un plastique est un mélange dont le constituant de base est une résine ou polymère, à laquelle on associe des adjuvants (plastifiants, anti-oxydants...) et des additifs (colorants, ignifugeants).

#### **a) Les thermoplastiques :**

Très nombreux, ils sont les plus utilisés. Ils ramollissent et se déforment à la chaleur. Ils peuvent en théorie, être refondus et remis en œuvre un grand nombre de fois (comportement thermique comparable aux métaux).

Exemples : **ABS**, **PMMA** (poly méthacrylate de méthyle), **PTFE** (polytétrafluoroéthylène), **PP** (polypropylène), **PS** (polystyrène).

#### **b) Les thermodurcissables :**

Ils ne ramollissent pas et ne se déforment pas sous l'action de la chaleur. Une fois créés, il n'est plus possible de les remodeler par chauffage.

Exemples : **EP** (époxyde), **UP** (polyester), **PUR** (polyuréthane).

#### **c) Les élastomères :**

On peut les considérer comme une famille supplémentaire de polymères aux propriétés très particulières. Ils sont caractérisés par une très grande élasticité.

Exemples : **NBR** (nitrile), **EPDM** (éthylène propylène), **SBR** (styrène butadiène).

### **3.5. Les composites.**

Ils sont composés d'un matériau de base (matrice ou liant) renforcé par des fibres, ou agrégats, d'un autre matériau.

En renfort, on utilise la fibre de verre (économique), la fibre de carbone (plus coûteuse) et enfin les fibres organiques (kevlar).

Mais comme exemples familiers de matériaux composites, on peut citer le béton armé (béton + armature en acier), les pneumatiques (élastomère + toile et fils d'acier), ...

### 3.6. Les céramiques.

Ni métallique, ni polymères, ce sont les matières premières les plus abondantes de la croûte terrestre et les matériaux les plus anciens utilisés par l'homme.

Elles sont très dures, très rigides, résistent à la chaleur, à l'usure, aux agents chimiques et à la corrosion mais sont fragiles.

#### **a) Les céramiques traditionnelles :**

Elles regroupent les ciments, les plâtres, terres cuites... et les produits à base de silice, verres, cristal.

#### **b) Les céramiques techniques:**

Plus récentes, elles sont soit fonctionnelles, à « usage électrique » (ferrites), soit structurales, à usage mécanique (carbures) ou thermomécanique.

Utilisations : fibre optique (silicium), outils de coupe (carbures), joints d'étanchéité, isolants...

### 3.7. Annexe.

Tableau des symboles métallurgiques et facteurs multiplicateur.

élément	Symbole chimique	Symbole métallurgique	Facteur Multiplicateur
Aluminium	Al	A	10
Azote	N	N	100
Bore	B	B	1000
Chrome	Cr	C	4
Cobalt	Co	K	4
Cuivre	Cu	U	10
Magnésium	Mg	G	10
Manganèse	Mn	M	4
Molybdène	Mo	D	10
Nickel	Ni	N	1
Phosphore	P	P	100
Plomb	Pb	Pb	10
Silicium	Si	S	4
Soufre	S	F	100
Titane	Ti	T	10
Tungstène	W	W	4
Vanadium	V	V	10

## 4. SYNTHESE :

### Caractérisation des matériaux :

CRITERES	Tenue aux efforts	Dureté	Tenue aux frottements	Tenue aux chocs	Forte élasticité	Coefficient de frottement faible	Tenue à la corrosion	Usinabilité	Soudabilité	Moulage	Conduction électrique	Isolant thermique	Transparence	Densité faible
MATERIAUX														
Aciers Usage général Ex : poutrelle, tube	X	X	X	X		M		X	X	M	M			
Aciers Non alliés Ex : pièce forgée, ressort	X	X	X	X		M		X	X	M	M			
Aciers Faiblement alliés Ex : engrenages	TB	TB	TB	TB		M		X	X	M	M			
Aciers Fortement alliés Ex : inox, roulement à billes	TB	TB	TB	TB		M	TB	M	M	M	M			
Fontes Lamellaire Ex : bâtis	X	X	X			M	M	TB		X	M			
Fontes Sphéroïdales Ex : vilebrequin	X	X	X	X		M	M	TB		X	M			
Alliages aluminium Ex : carter léger	X	M					TB	TB	X	X	TB			X
Alliages cuivre Laiton Ex : robinetterie	X	M	M				TB	TB		X	TB			
Alliages cuivre Bronze Ex : roue dentée	X	M	X			TB	TB	M		X	X			
Plastiques Thermoplastiques Ex : couvercle léger				X	M		X			X		X	X	X
Plastiques Thermodurcissable Ex : couvre culasse							X			X		X	X	X
Plastiques élastomères Ex : joint torique				X	X		X			X		X		X
Céramiques Traditionnelles Ex : ciment, verre		X	X				X			X		X	X	
Céramiques techniques Ex : carbure	X	X	X			M	X			X		X		

X : Application correcte.

M : Application moyenne.

TB : Application très bonne.

## Désignation normalisée des métaux et alliages :

### Acier d'usage courant :

**S** pour les aciers d'usage général.

**E** pour les aciers de construction mécanique.

Le nombre qui suit indique la valeur minimale de limite élasticité en méga pascals.

S'il s'agit d'un acier moulé la désignation est précédée de la lettre **G** (idem pour les aciers faiblement et fortement alliés).

### Aciers non alliés :

Lettre C + pourcentage de carbone multiplié par 100.

### Aciers faiblement alliés

- Un nombre égal à 100 fois la teneur en carbone.
- Les symboles chimiques des éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Dans le même ordre, les teneurs des principaux éléments d'addition (multipliées par 4, 10, 100, ou 1000 Cf Tableau)
- Eventuellement des indications supplémentaires concernant la soudabilité (S), l'aptitude au moulage (M), ou la déformation à froid (DF).

Tableau des symboles métallurgiques et facteurs multiplicateur.

élément	Symbole chimique	Symbole métallurgique	Facteur Multiplicateur
Aluminium	Al	A	10
Azote	N	N	100
Bore	B	B	1000
Chrome	Cr	C	4
Cobalt	Co	K	4
Cuivre	Cu	U	10
Magnésium	Mg	G	10
Manganèse	Mn	M	4
Molybdène	Mo	D	10
Nickel	Ni	N	1
Phosphore	P	P	100
Plomb	Pb	Pb	10
Silicium	Si	S	4
Soufre	S	F	100
Titane	Ti	T	10
Tungstène	W	W	4
Vanadium	V	V	10



## Aciers fortement alliés :

- La lettre **X**.
- Un nombre égal à 100 fois la teneur en carbone.
- Les symboles chimiques des éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Dans le même ordre, les teneurs des principaux éléments (sans coefficient multiplicateur).

## Fontes à graphite lamellaire :

### **EN-GJL**

Le nombre qui suit indique la valeur de résistance minimale à la rupture par extension.

## Fontes malléables à graphite sphéroïdale :

**EN-GJ + S** (sphéroïdale) ou **MB** ou **MW** (malléable).

Les nombres qui suivent indiquent la valeur en méga pascals de la résistance minimale à la rupture par extension et du pourcentage de l'allongement après rupture.

## Alliages cuivreux :

### Les laitons :

**Cuivre + Zinc = Laiton**

### Les bronzes :

**Cuivre + étain = Bronze**

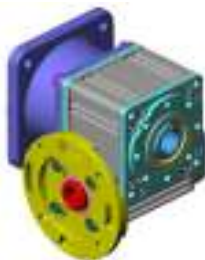
### **CU**

+ élément d'addition 1 + % de l'élément d'addition 1  
+élément d'addition 2 + % de l'élément d'addition 2  
+...

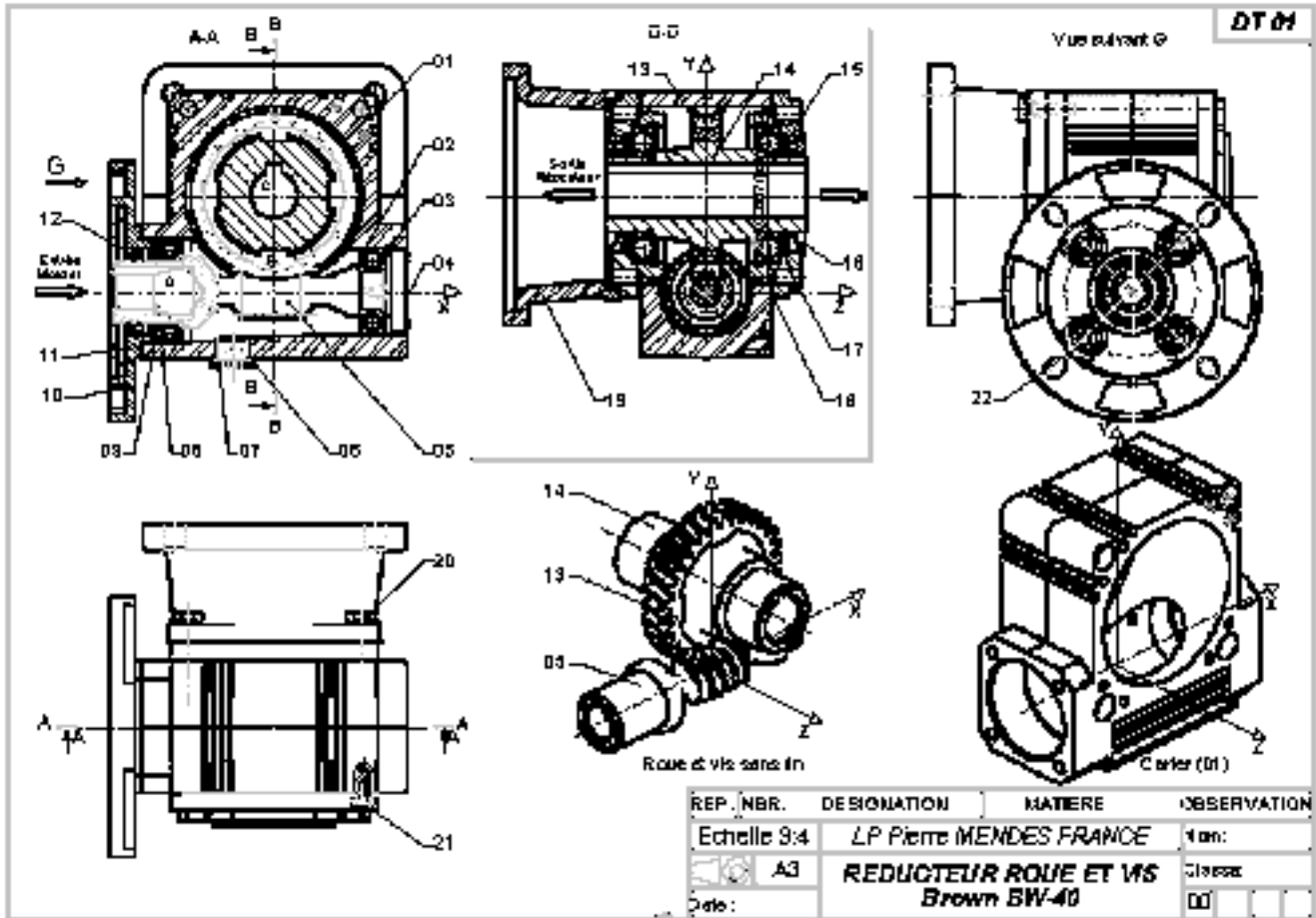
## 5. APPLICATIONS, EXERCICES :

### 3.1. Réducteur BW40 :

A partir des plans d'ensembles du réducteur BW40, de la nomenclature et du CDCF :



22	4	Vis CHC, M6-12 - 4.8		NF E 25-125
21	16	Vis FHC, M4-12 - 10.9		NF E 27-160
20	4	Vis H, M6-20 - 4.6		NF E 25-114
19	1	Bride de sortie	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]	
18	2	Joint plat, 84 x 84		
17	2	Flasque	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]	
16	2	Joint à lèvres, type IE 30 x 47 x 7		DIN 3760
15	2	Roulement à billes 16006		NF E 22-315
14	1	Moyeu à arbre creux		
13	1	Roue	EN-GJL200 et CuSn12	30 dents. Surmoulé sur (14)
12	1	Joint à lèvres, type IEL, 25 x 35 x 7		DIN 3760
11	1	Joint plat, 54 x 54		
10	1	Bride moteur	EN AW-5086[AlMg4]	
09	3	Cales de réglage		
08	1	Butée à bille à simple effet 51105		NF E 22-320
07	1	Bouchon	EN AW-3003[AlMn1Cu]	
06	1	Joint torique	NBR	
05	1	Vis sans fin	20 Ni Cr 6	2 filets
04	1	Cache	PS	
03	1	Anneau élastique pour alésage, 35x1,5		NF E 22-163
02	1	Roulement à billes 6202		NF E 22-315
01	1	Carter	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]	
Ren	Nb	Désignation	Matière	Observation



CDCF :

Régime maximal d'entrée moteur : 1500 tr/min.

Couple nominal d'entrée : 20 Nm

D'après la désignation normalisée des matériaux, donner la nature et (si possible) la composition des éléments suivants : (vous pouvez vous aider du guide des sciences)

Carter {1} : EN AB-43000 [Al Si 10 Mg] : **Alliage d'aluminium produit laminé.**

**Composition : 10 % de silicium et traces de magnésium**

Roue {13} : EN-GJL200 et CuSn12 : EN-GJL200 : **Fonte à graphite lamellaire.**

**Limite à la rupture par traction : 200 MPa.**

CuSn12 : **Alliage de cuivre.**

**Composition : 12 % étain**

**C'est un bronze**

Joint torique {06} : NBR : **Elastomère, nitrile**

Cache {04} : PS : **Thermoplastique, polystyrène**

Faire une proposition de matériaux pour les éléments suivant :

Vis sans Fin {05} : 20 Ni Cr 6

Bouchon {07} : EN AW-3003[AlMn1Cu]

Bride moteur {10} à partir d'un matériau laminé : EN AW-5086[AlMg4]

