

# SOMMAIRE

<b>A. ÉTUDES DES ENSEMBLES TECHNIQUES</b>	<b>11</b>
<b>A.1. ÉNONCÉ DU BESOIN – ANALYSE FONCTIONNELLE</b>	<b>11</b>
A.1.1. Énoncé fonctionnel du besoin	11
– Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)	11
A.1.2. Analyse fonctionnelle	13
– Diagramme « Bête à corne »	14
– Diagramme FAST	15
– SADT ou Analyse descendante	20
– Les outils de l’analyse fonctionnelle (histogramme, diagramme cause-effet) ou ISHIKAWA, matrice de décision, brainstorming, diagramme de Paréto, diagramme PERT)	22
<b>A.2. DÉMARCHE DE QUALITÉ</b>	<b>26</b>
A.2.1. Compétitivité des produits industriels	26
– Cycle de vie d’un produit	26
– Assurance qualité (ISO 9000 - 2000 (F))	27
– Analyse de la valeur	28
– Gestion de la qualité	29
A.2.2. Les coûts	30
A.2.3. L’innovation	33
– La protection industrielle	33
<b>A.3. SPÉCIFICATION DU PRODUIT : AVANT-PROJET</b>	<b>34</b>
A.3.1. Définitions préliminaires	34
– La schématisation, dessin d’ensemble, nomenclature	34
– Les schémas des liaisons entre pièces	36
A.3.2. Études technologiques	38
– Guidages en translation, glissières, guidages linéaires, douilles à billes	39
– Guidages en rotation, paliers lisses, coussinets, bagues, roulements, douilles	47
– Lubrification	72
– Étanchéité	76
– Roues libres	85
– Transformation de l’énergie (préactionneurs et actionneurs)	87
– Les vérins	88
– Les engrenages	96
– Les réducteurs de vitesse à engrenages	106
– Embrayages, freins à disques, freins, coupleurs	110
– Transmission par pignons et chaînes	114
– Transmission par poulies et courroies	116
– Variateurs de vitesse à courroie	120
– Accouplements	121
– Joints de cardan	125
– Système vis-écrou	126
– Systèmes bielle-manivelle	128
– Cames industrielles	129
<b>A.4. DÉFINITION GRAPHIQUE DU PROJET</b>	<b>130</b>
A.4.1. Dessin d’ensemble	130
A.4.2. Éléments standard de construction	130
– Vis d’assemblage	130
– Écrous	137
– Rondelles et freins d’écrous	141
– Clavettes	145
– Cannelures	147
– Anneaux élastiques pour arbres	149
– Goupilles	151
– Ressorts, rondelles élastiques	154
<b>B. DÉFINITION DES ÉLÉMENTS</b>	<b>159</b>
<b>B.1. ANALYSE FONCTIONNELLE</b>	<b>159</b>
B.1.1. Schématisation des fonctions mécaniques	159
B.1.2. Surfaces fonctionnelles d’une pièce	159

<b>B.2. PROCÉDÉS D'ÉLABORATION DES PIÈCES MÉCANIQUES</b> .....	<b>160</b>
B.2.1. Procédés de mise en forme. Matériaux associés.....	160
– Moulage, règles de tracé .....	160
– Frittage.....	163
– Estampage et matriçage .....	163
B.2.2. Procédés d'usinage .....	164
– Fraisage, tournage, perçage, usinage par abrasion.....	164
– Prototypage rapide.....	165
– Usinage par électro-érosion .....	167
– Usinage par rayon laser, par ultra-sons .....	167
– Soudage, méthodes, symboles, rotation.....	168
– Collage.....	172
B.2.3. Les matériaux.....	174
– Traitements des matériaux.....	174
– Les fontes .....	175
– Les aciers .....	176
– L'aluminium et ses alliages.....	178
– Le cuivre et ses alliages.....	179
– Les matières plastiques .....	180
– Les essais mécaniques.....	181
<b>B.3. DÉFINITION D'UNE PIÈCE : PROJET DE DESSIN DE DÉFINITION D'UN PRODUIT</b> .....	<b>182</b>
B.3.1. Règles et méthodes d'élaboration des dessins de définition.....	182
– Formats, cartouche et nomenclature .....	182
– Écriture.....	184
– Traits.....	185
– Représentation .....	186
– Projections et vues .....	189
– Coupes, hachures.....	194
– Sections.....	197
– Perspectives.....	198
– Formes géométriques usuelles.....	199
– Intersections des surfaces.....	203
– Les filetages .....	204
B.3.2. Cotation fonctionnelle.....	208
– Exécution graphique .....	208
– Tolérances, écarts et ajustements.....	212
– États de surface .....	218
– Tolérances géométriques.....	227
– Tolérances de formes .....	229
– Tolérances d'orientation et de position.....	230
– Cotes, chaîne de cotes.....	233
B.3.3. Utilisation d'un logiciel de D.A.O.....	237
<b>C. INDUSTRIALISATION DES PRODUITS</b> .....	<b>241</b>
<b>C.1. CHAÎNE ÉNERGÉTIQUE</b> .....	<b>241</b>
– Préliminaire : calculs vectoriels.....	241
<b>C.2. COMPORTEMENT DU SOLIDE INDÉFORMABLE</b> .....	<b>242</b>
– Comportement statique des mécanismes (étude analytique).....	242
– Moment d'une force par rapport à un point fixe dans un repère galiléen.....	243
– Modélisation de l'action mécanique d'une force appliquée à un solide.....	243
– Modélisation d'un système de forces appliquées à un solide.....	243
– Changement du centre de réduction d'un torseur.....	243
– Torseur des actions transmissibles par une liaison.....	244
– Principe fondamental de la statique.....	244
– Exemple de résolution d'un problème de statique (cas d'un problème plan).....	245
– Comportement statique des mécanismes (étude graphique) .....	248
– Comportement statique des mécanismes (adhérence).....	250
– Comportement statique des mécanismes (torseurs transmissibles par les liaisons).....	251
– Comportement cinématique des mécanismes (cinématique du point).....	253
– Comportement cinématique des mécanismes (cinématique du solide).....	256
– Comportement dynamique d'un solide.....	259

– Principe fondamental de la dynamique .....	259
– Travail et puissance .....	260
<b>C.3. COMPORTEMENT DU SOLIDE DÉFORMABLE .....</b>	<b>261</b>
– Propriétés mécaniques des matériaux.....	261
– Tenseur de cohésion et de contrainte.....	261
– Les différentes sollicitations.....	263
– Les contraintes .....	263
– Rigidité des éléments déformables (traction).....	264
– Rigidité des éléments déformables (cisaillement) .....	266
– Rigidité des éléments déformables (torsion).....	268
– Rigidité des éléments déformables (flexion).....	270
– Moments quadratiques par rapport à l'axe GZ de quelques sections de poutres.....	272
<b>D. INFORMATIQUE INDUSTRIELLE APPLIQUÉE AUX SYSTÈMES AUTOMATISÉS .....</b>	<b>273</b>
<b>D.1. STRUCTURE MATÉRIELLE DES SYSTÈMES DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION .....</b>	<b>273</b>
D.1.1. Équipements.....	273
D.1.2. Liaisons informatiques .....	275
D.1.3. Les mémoires .....	276
D.1.4. Interfaçage .....	278
– Interfaçage parallèle .....	278
– Interfaçage série.....	281
D.1.5. Unité centrale (processeur) .....	282
– Nombres binaires.....	286
– Microprocesseur .....	287
D.1.6. Les langages de programmation.....	293
<b>D.2. REPRÉSENTATION ET TRAITEMENT DES DONNÉES.....</b>	<b>295</b>
D.2.1. Notions sur les algorithmes .....	295
D.2.2. Les réseaux.....	299
D.2.3. Courants alternatifs.....	308
D.2.4. Représentation binaire des informations .....	310
– Codes binaires, codes ASCII .....	310
– Les fonctions logiques.....	315
– Algèbre de Boole.....	322
– Théorème de De Morgan .....	323
– Tableau de Karnaugh.....	324
<b>D.3. AUTOMATISMES INDUSTRIELS.....</b>	<b>328</b>
D.3.1. Outil de spécification des automatismes .....	328
D.3.2. Les commandes de systèmes .....	329
D.3.3. Le Grafset.....	330
D.3.4. Le Gemma.....	342
D.3.5. Commande par automate programmable TS x 17.....	345
D.3.6. Mise en œuvre d'un automate programmable.....	347
D.3.7. Synthèse des fonctionnalités d'un système automatisé .....	352
<b>E. ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE .....</b>	<b>353</b>
<b>E.1. REPRÉSENTATION CONVENTIONNELLE DES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES.....</b>	<b>353</b>
E.1.1. Représentation par schémas fonctionnels .....	353
E.1.2. Représentation par schémas structurels .....	355
E.1.3. Symboles électriques et électroniques.....	356
<b>E.2. CONVERSION DES GRANDEURS PHYSIQUES EN GRANDEURS ÉLECTRIQUES.....</b>	<b>358</b>
E.2.1. Étude fonctionnelle générale des capteurs .....	358
E.2.2. Capteurs .....	359
– Typologie des principaux capteurs .....	359
– Démarche générale de choix d'un détecteur.....	360
– Détecteurs de proximité (inductifs, capacité, optique, laser, lecteur code-points, reconnaissance de formes, tactiles, de position, jauge de contrainte, codeurs optiques, composants de capteurs, photodiodes, phototransistors, photopiles, photocoupleurs, diodes électroluminescentes, afficheurs.....	361
– Potentiomètres .....	377

<b>E.3. TRAITEMENT DES SIGNAUX</b> .....	<b>378</b>
E.3.1. Traitement des signaux numériques.....	378
– Bascules.....	378
– Compteurs.....	381
– Fonctions complexes.....	386
– Les diodes, diodes zéner, stabilisatrices de tension.....	387
– Le redressement.....	392
– Contacteurs électromagnétiques et relais.....	393
– Transistors bipolaires, à effet de champ.....	394
– Thyristors.....	400
– Triacs.....	402
– Les régulateurs de tension.....	407
E.3.2. Notions de familles technologiques.....	408
E.3.3. Traitement des signaux analogiques.....	411
– Les condensateurs.....	411
– Les inductances.....	415
– Les filtres.....	418
– Amplificateurs intégrés.....	421
E.3.4. Fonction génération de signaux.....	430
<b>E.4. CONVERSION DE DONNÉES</b> .....	<b>432</b>
E.4.1. Conversion numérique-analogique (CNA).....	432
E.4.2. Conversion analogique-numérique (CAN).....	434
E.4.3. Piles et accumulateurs.....	437
– Les piles.....	437
– Les accumulateurs.....	440
– Piles à combustible.....	443
<b>E.5. DISTRIBUTION ET CONVERSION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE</b> .....	<b>444</b>
E.5.1. Production nationale d'électricité et réseau de distribution.....	444
– Les centrales électriques, la distribution électrique.....	446
– Le courant triphasé.....	446
E.5.2. Protection des matériels et des personnes.....	449
– Protection des matériels.....	449
– Indices de protection.....	450
– Effets du courant électrique sur l'homme.....	450
– Risques encourus.....	452
– Protection contre les contacts directs.....	453
– Protection contre les contacts indirects.....	453
– Neutre et masse à la terre.....	454
– Disjoncteur différentiel.....	455
– Habilitation.....	456
E.5.3. Étude fonctionnelle de la chaîne de conversion.....	458
– Transformateur électrique.....	458
E.5.4. Conversion électromagnétique.....	461
– Moteurs électriques.....	461
– Moment d'inertie J.....	465
– Guide de choix d'un moteur électrique.....	466
– Moteurs pas à pas.....	467
– Moteurs à courant continu.....	472
– Moteur universel.....	477
– Moteurs électriques asynchrones.....	479
– Analyse d'un circuit de commande (moteur asynchrone).....	485
– Réglage de la vitesse.....	486
– Variateurs.....	487
– Logique câblée.....	491
– Moteur synchrone autopiloté.....	493
OSCILLOSCOPE.....	495
SYMBOLS DES GRANDEURS ET DES UNITÉS DE MESURE.....	500
CONSTRUCTEURS ET ORGANISMES.....	502
<b>Lexique anglais-français</b> .....	<b>504</b>
<b>Index alphabétique</b> .....	<b>506</b>

## ● GUIDAGES EN ROTATION : PALIERS LISSES

## Description



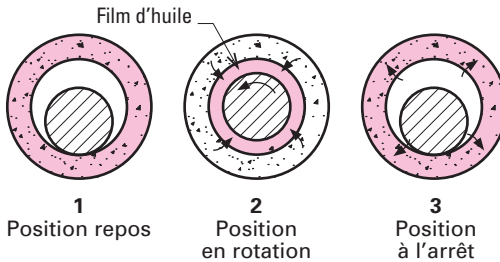
**Coussinets ou bagues autolubrifiants** : composés d'un alliage fritté BP25 (cuivre + étain) ou FP15 (fer + cuivre + plomb).

**Frittage** : procédé d'élaboration consistant à compacter et chauffer des poudres métalliques pour obtenir une pièce à structure poreuse pouvant absorber jusqu'à 25 % de son volume en huile.

**Avantages** :

- Très bon coefficient de frottement.
- Bonne résistance à la corrosion.
- Vitesses élevées de l'arbre (30 000 tr/min).
- Charges élevées (1 500 daN/cm<sup>2</sup>).
- Températures de fonctionnement de - 40 à 450 °C.

## Principe de fonctionnement



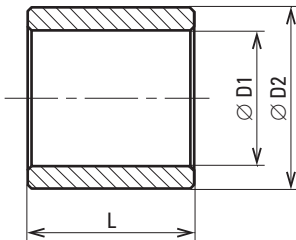
**1. Position repos** : la bague est imprégnée à saturation d'huile à haut pouvoir lubrifiant.

**2. Position en rotation** : l'effet d'aspiration de l'arbre en rotation et le « coin d'huile » crée un film hydrodynamique entre l'arbre et la bague.

**3. Position à l'arrêt** : dès l'arrêt, grâce à la capillarité du matériau, l'huile est réabsorbée par le coussinet.

COUSSINETS  
OU BAGUES  
LISSES  
AUTOLUBRI-  
FIANTS

## Tolérances sur les coussinets (à l'état libre)



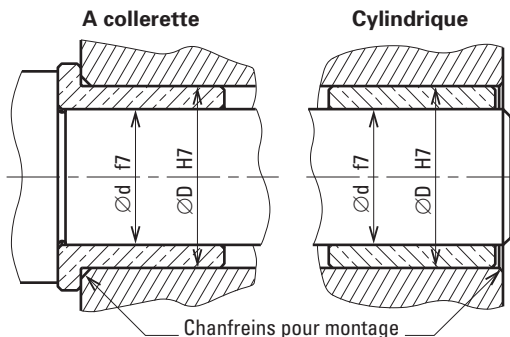
**Sur  $\varnothing D1$  :**

- coussinets cylindriques : **F7**
- coussinets à collerette : **F8**

**Sur  $\varnothing D2$  :**

- coussinets cylindriques : **s7**
- coussinets à collerette : **s8**

## Montage des coussinets



Le coussinet est monté **serré dans l'alésage** :

- tolérance **H7** sur l'alésage du logement (en fonte ou en acier) du coussinet ;
- tolérance **f7** sur l'arbre (rectifié de préférence).

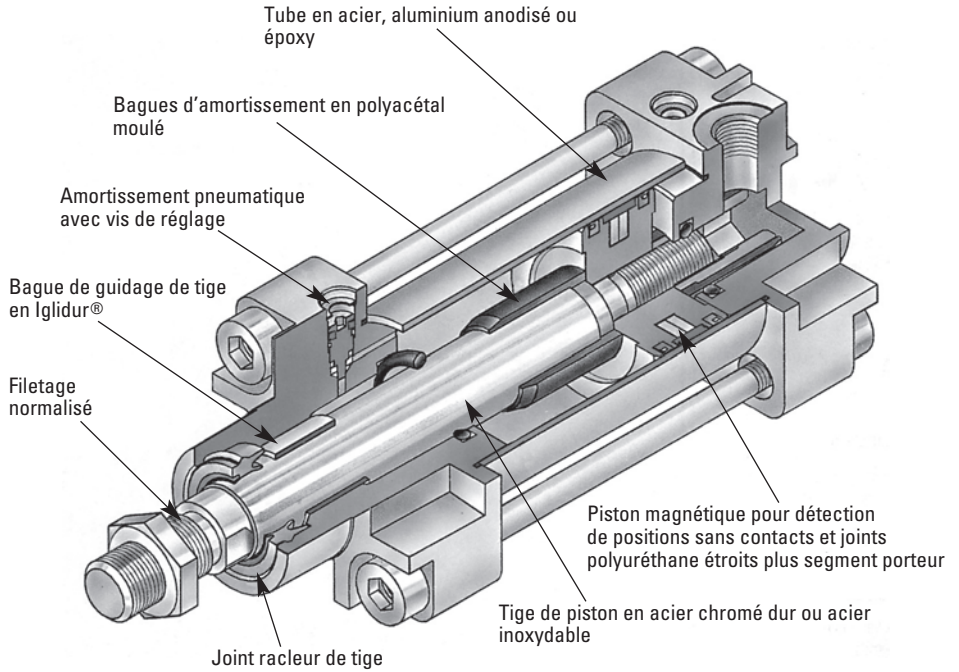
Des chanfreins seront prévus dans les logements pour faciliter le montage.

**Spécification du produit : avant-projet**

**• Les vérins**

**PRINCIPAUX  
COMPOSANTS**

**Vérins normalisés ISO 6431, NF E 49-003**



**FIXATIONS ET  
EMBOUTS**

**Fixation des vérins et embouts de tige**



Doc.  
NORGREN-  
HERION

LES FONTES

● DÉSIGNATION ET PROPRIÉTÉS (à partir des données du CIFOM)

Nuances		Normes	Propriétés recherchées	Principaux emplois
<b>Fontes non alliées</b>		<b>NF EN 1560</b>		
<b>À graphite lamellaire</b>	Type « Album »		Excellente coulabilité Bel aspect, bonne rigidité.	<b>Pièces minces de grandes dimensions :</b> baignoires, balcons, grilles, radiateurs, trémies...
	EN-GJL-150		Très bonne usinabilité. Bonne étanchéité, bonne résistance à l'usure par frottement.	<b>Mécanique générale, machines agricoles, travaux publics :</b> bagues, boîtiers, brides, bâtis, berceaux, marbres, poulies, roues...
	EN-GJL-200			
	EN-GJL-250		Très bonne usinabilité. Bonne résistance à l'usure par frottement.	<b>Automobiles, compresseurs, moteur, tracteur :</b> blocs-cylindres, boîtes de vitesses, corps divers, culasses de moteurs, cylindres divers, freins, pistons, poulies, turbines, variateurs.
	EN-GJL-300			
	EN-GJL-350	Bonnes caractéristiques mécaniques. Bonne résistance à l'usure par frottement.	<b>Machines-outils, matériel hydraulique et pneumatique :</b> bâtis, chemises de moteurs, corps, couronnes dentées, distributeurs hydrauliques, engrenages, mandrins de tours, pignons, poulies, volants.	
EN-GJL-400				
<b>Malléables</b>	EN-GJMW-350-10	Caractéristiques mécaniques élevées, très grande ductilité. Perméabilité magnétique élevée, grande résilience. Excellente usinabilité. Bonne capacité d'amortissement des vibrations.	<b>Automobiles, cycles, machinisme agricole, matériel de travaux publics, quincaillerie :</b> bielles, boîtes de ponts, boîtiers, brides, carters, chaînes, clés diverses, écrous à oreilles, fourchettes de renvoi, leviers, mâchoires de freins, manivelles, moyeux de roues, outillage à main, pédales, pignons, poignées, poulies, raccords de chauffage, trompettes de ponts, volants...	
	EN-GJMW-400-7			
	EN-GJMB-350-10			
	EN-GJMB-450-6	Caractéristiques mécaniques très élevées. Bonne résistance à l'usure. Faible coefficient de frottement.		
	EN-GJMB-550-4			
	EN-GJMB-630-3			
EN-GJMB-700-2				
<b>À graphite sphéroïdal</b>	EN-GJS-350-22 à	Caractéristiques mécaniques élevées, très grande ductilité. Perméabilité magnétique élevée, grande résilience. Excellente usinabilité. Bonne capacité d'amortissement des vibrations.	<b>Automobiles, machinisme agricole, machines-outils, matériel hydraulique :</b> arbres à cames, bielles, blocs-moteurs, boîtes de machines-outils, carters, corps divers, disques de freins, distributeurs hydrauliques H.P., engrenages, fourchettes, mâchoires de freins, mandrins de machines-outils, matrices d'emboutissage, moyeux de roues de camions, pignons, segments de freins, tambours, tuyaux, vilebrequins, pivots de freins...	
	EN-GJS-450-10			
	EN-GJS-500-7			
	EN-GJS-600-3			
	EN-GJS-700-2 à	Caractéristiques mécaniques très élevées. Bonne résistance à l'usure.		
EN-GJS-900-2				
<b>Blanches</b>	EN-GJN (FBO)	Résistance à l'usure par érosion et par abrasion, même à chaud et par frottement sous forte pression.	<b>Briqueterie, cimenterie, sidérurgie :</b> arbres à cames, blindages divers, boulets de broyeurs, buses de sablage, cames, cylindres d'imprimerie, de laminoirs, disques de broyeurs, filières, galets...	
	EN-GJN (FBA)			
<b>Fontes alliées</b>		<b>NFA*</b>		
<b>Austénitiques</b>	S-NM 13 7 à S-NC 35 3		Amagnétique. Très bonne résistance à la chaleur et à la corrosion dans de nombreux milieux très agressifs. Bonne résilience à très basse température. Résistivité électrique élevée. Coefficient de dilatation très haut ou très bas, suivant nuance.	<b>Construction navale, industrie alimentaire, industrie pétrolière, matériel frigorifique, moteurs :</b> collecteurs de diesel, condenseurs, conduites de vapeur, culasses de diesel, dragueurs de mines, électro-aimants, grilles de foyers et chaudières, hachoirs à viande, hélices marines, moules de verrerie, plaques chauffantes, pompes, pompes pour liquides corrosifs et gaz liquéfiés, segments de pistons, tambours de treuils, turbines à vapeurs, turbo-compresseurs.
	L-NM 13 7 à L-N 35			
<b>Blanches</b>	FB Ni 4 Cr 2 à FB Cr 26 Mo Ni	Excellente résistance à l'abrasion, même aux températures élevées.	<b>Cimenterie, mines, sidérurgie, travaux publics :</b> blindages de meules, becs de godets, blindages divers, boulets de broyeurs, cames, cylindres de concasseurs et broyeurs, cylindres de laminoirs...	
		Très bonne résistance à l'abrasion et bonne résistance à l'oxydation à chaud.		

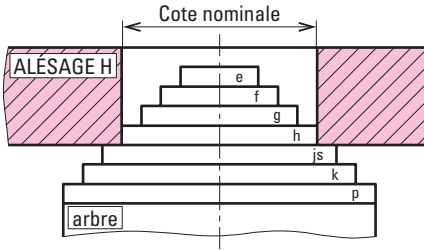
\* Ancienne désignation en vigueur

B

## Définition d'une pièce : projet de dessin de définition d'un produit

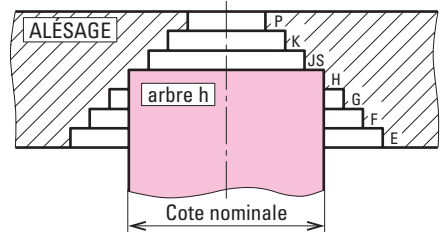
### • Alésage normal

C'est un système d'ajustement pour lequel la position de la tolérance de l'alésage est donnée par la lettre **H** (écart inférieur nul).



### • Arbre normal

C'est un système d'ajustement pour lequel la position de la tolérance de l'arbre est donnée par la lettre **h** (écart supérieur nul).



### Conseils pour la réalisation des pièces (alésages et arbres)

Il est plus facile d'usiner un arbre qu'un alésage, aussi est-il recommandé :

- de choisir le système d'ajustement à alésage normal (**H**),
- de choisir une qualité plus précise pour l'arbre que pour l'alésage.

Les montages avec jeu ou avec serrage sont équivalents sur des ajustements homologues.

Exemple : 30 H7 f6 et 30 F7 h6.

Les coûts d'usinage sont proportionnels à la précision de la qualité.

TOLÉRANCES,  
ÉCARTS ET  
AJUSTEMENTS  
(suite)

### • Ajustements couramment utilisés en mécanique

Cas d'emploi		Arbres (position)	Alésages				
			H6	H7	H8	H9	H11
		Arbres (qualités)					
Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre	Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, ...)	c				9	11
		d				9	11
	Cas ordinaire des pièces tournantes ou glissantes dans une bague un ou palier (bon graissage assuré)	e		7	8	9	
		f	6	6-7	7		
	Pièces avec guidage précis pour mouvements de faible amplitude	g	5	6			
Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre	Démontage et remontage possibles sans détérioration des pièces. L'emmanchement ne peut pas transmettre d'effort	Mise en place « à la main »	h	5	6	7	8
			js	5	6		
		Mise en place « au maillet »	k	5			
			m		6		
	Démontage et remontage impossibles sans détérioration des pièces. L'emmanchement peut transmettre des efforts	Mise en place « à la presse »	p		6		
		Mise en place à la presse ou par dilatation	s			7	
			u			7	
x					7		
z				7			

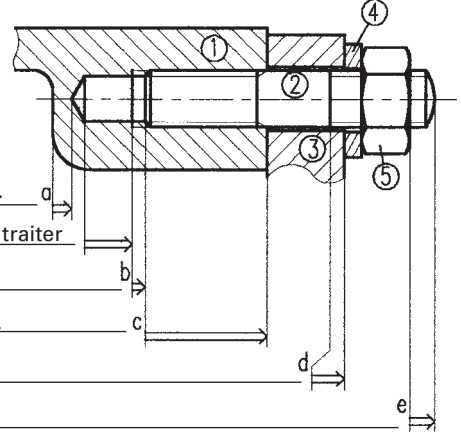
• Démarche de résolution des chaînes de cotes

Données

Le **cahier des charges** fonctionnel.  
Le **dessin d'ensemble** du système avec sa nomenclature.  
Le **dessin de définition** des éléments.

**Exemple** : assemblage d'un cylindre de compresseur sur son carter.

**Faire le dessin d'assemblage.**  
Repérer les pièces.



**Recenser les conditions fonctionnelles.**

Condition d'épaisseur de matière.

Condition de fabrication à ne pas traiter  
(entrée du taraud).

Condition d'assemblage  
(vissage à fond de filet).

Condition de résistance des filets,  
implantation.

Condition de serrage

(avec le défaut possible de rondelle).  
Condition de montage.

**Faire les dessins d'étude fonctionnelle (ci-dessous).**

**Tracer des chaînes de cotes.**

**Reporter les composantes sur les dessins.**

**Fixer les valeurs des conditions :**

- justifier chaque choix
- mémoriser les choix dans le dossier d'étude.

**Consulter les données des fabricants de composants**

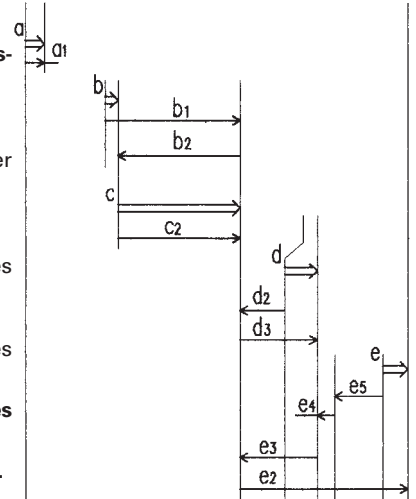
- mémoriser les valeurs des cotes des composants et leurs tolérances.

**Traiter les calculs**

- répartir les tolérances, connaître les possibilités de fabrication.

**Reporter les valeurs des cotes sur les dessins fonctionnels.**

**Vérifier les compatibilités des cotes.**



COTES

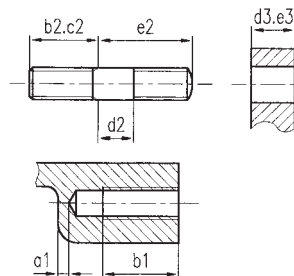
Choix

Calcul

Inscription

Vérification

Dessins d'étude fonctionnels



Éléments standard sur catalogues



Il est nécessaire de vérifier la compatibilité entre la cotation fonctionnelle et la cotation proposée par le fabricant sur son catalogue, ou entre des éléments déjà existants.

B

• Comportement statique des mécanismes (adhérence)

**Adhérence et frottement**

Dans le cas de « non-frottement », les actions mécaniques de contact entre deux solides ont une direction normale au plan tangent au contact. Cette hypothèse convient dans de nombreuses applications, mais ne peut être retenue pour des mécanismes utilisant les propriétés du frottement tels les embrayages ou freins, les systèmes poulies-courroies ou à roues de frictions. Le frottement est une des causes de baisse des rendements et des pertes d'énergie.

**Conditions d'équilibre**

Soit un solide 1 de poids P en liaison appui plan avec un solide 2. Soit  $\vec{A}_{2/1}$ , la résultante des actions de contact de 2 sur 1 exercée en A et une action  $\vec{B}_{3/1}$  qui a tendance à tirer le solide 1 sur le solide 2.

L'adhérence se caractérise par l'inclinaison d'un angle  $\alpha$  par rapport à la normale au contact en A, de l'action  $\vec{A}_{2/1}$  du côté opposé à la tendance au mouvement de 1 par rapport à 2 (fig. 1 et 2).

Le solide 1 est en équilibre :  $\vec{P} + \vec{A}_{2/1} + \vec{B}_{3/1} = \vec{0}$  ; il le restera tant que  $\alpha$  restera inférieur à une valeur limite  $\varphi$ .

Dans le cas de l'« équilibre strict » (limite du glissement fig. 3), l'action  $\vec{A}_{2/1}$  est inclinée de l'angle  $\varphi$  qui caractérise la frontière entre l'adhérence et le frottement (on parle de frottement lorsqu'il y a glissement). L'angle  $\varphi$ , appelé angle de frottement, définit un cône de frottement, d'axe  $\vec{n}$  et de demi-angle au sommet  $\varphi$  appelé cône de frottement.

Si l'action  $\vec{B}_{3/1}$  augmente, l'angle reste inchangé ; il y a glissement et l'équilibre est rompu :  $\vec{P} + \vec{A}_{2/1} + \vec{B}_{3/1} \neq \vec{0}$  ; L'action  $\vec{A}_{2/1}$  ne pourra jamais sortir du cône de frottement.

**Coefficient de frottement**

Dans le cas de l'équilibre strict, l'angle  $\varphi$  permet de définir un coefficient  $\mu$  (ou f) appelé coefficient de frottement :  $\mu = \tan \varphi$ .

Une relation lie les composantes de l'action  $\vec{A}_{2/1}$  (fig. 4) :

$$\|\vec{T}_{2/1}\| = \|\vec{N}_{2/1}\| \cdot \tan \varphi = \|\vec{N}_{2/1}\| \cdot \mu$$

avec  $\vec{N}_{2/1}$  = composante normale de  $\vec{A}_{2/1}$   
 $\vec{T}_{2/1}$  = composante tangentielle de  $\vec{A}_{2/1}$

C'est cette composante tangentielle qui s'oppose à la tendance au mouvement de 1 par rapport à 2.

**Lois de Coulomb**

Le coefficient de frottement  $\mu$  dépend de :

- la nature des surfaces en contact,
- la rugosité des surfaces en contact et de leur lubrification.

Ces lois de Coulomb restent approchées, car le coefficient de frottement peut varier légèrement avec la pression de contact, la vitesse de glissement et la température.

**Valeurs du coefficient de frottement  $\mu$**

(valeurs indicatives)

Nature des matériaux en contact	$\mu$ à sec	$\mu$ lubrifié
Acier trempé/Acier trempé	0,17	0,07
Acier/Fonte	0,17	0,08
Acier trempé/Bronze	0,11	0,05
Fonte/Bronze	0,2	0,06
Téflon/Acier	0,04	
Garniture de frein/Fonte	0,4	
Pneu/route	0,6	0,3 à 0,1

Il est indépendant de :

- la pression de contact,
- la forme et l'étendue des surfaces en contact,
- la vitesse de glissement.

**Cas d'un guidage en rotation avec frottement**

Soit un arbre 1 de rayon R en contact avec frottement au point A avec l'alésage 2 (fig. 5). La composante tangentielle  $\vec{T}_{2/1}$  s'oppose à la tendance au mouvement de rotation de 1 par rapport à 2 ; elle crée un moment appelé « moment de frottement » tel que :

$$\begin{aligned} \|\vec{M}_O \vec{A}_{2/1}\| &= R \cdot \|\vec{T}_{2/1}\| \\ &= R \cdot \|\vec{N}_{2/1}\| \cdot \tan \varphi \\ &= R \cdot \|\vec{N}_{2/1}\| \cdot \mu \end{aligned}$$

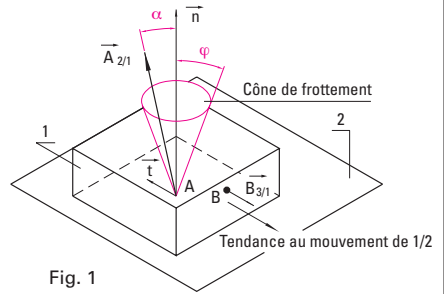


Fig. 1

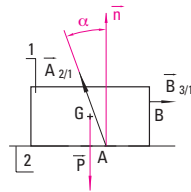


Fig. 2

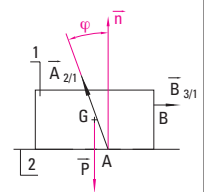


Fig. 3

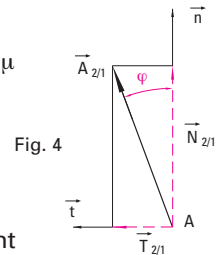


Fig. 4

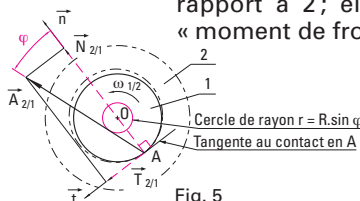


Fig. 5

## Représentation et traitement des données

### Courrier électronique : smtp

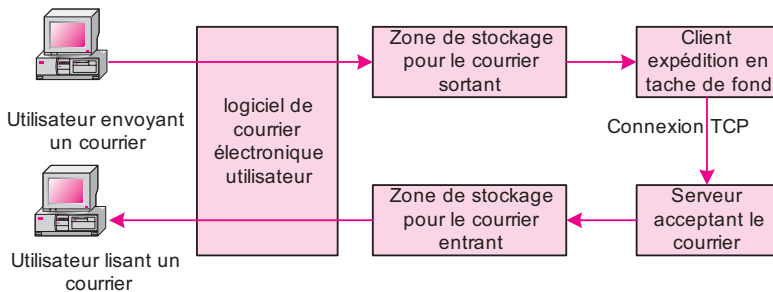
Le courrier électronique au sein d'Internet est géré par le protocole SMTP (Simple Mail Transfer Protocol). Il permet d'échanger des messages entre un expéditeur et un ou plusieurs destinataires pourvu que leurs adresses soient connues. Une adresse de courrier électronique se présente sous la forme nom@domaine et doit être composée de lettres (minuscules ou majuscules sont indifférenciées), de chiffres, de \_ (souligné) et de . (point).

Une des caractéristiques principales du protocole SMTP est d'effectuer une remise différée du courrier qui assure que le service sera correctement rendu même si le réseau ou l'ordinateur destinataire sont momentanément en panne ou surchargés.

Pour cela le système de messagerie fonctionne de la manière décrite ci-dessous. Un courrier expédié par un utilisateur est d'abord copié dans une mémoire de stockage, accompagné des noms de l'expéditeur, du récepteur, de l'ordinateur destinataire et de l'heure de dépôt. Puis le système de messagerie active en tâche de fond le processus de transfert de courrier qui devient un client. Il associe le nom de l'ordinateur destinataire à une adresse IP et tente d'établir une connexion TCP avec le serveur SMTP de celui-ci.

Si cela réussit, le processus de transfert envoie une copie du message au destinataire qui l'enregistre dans une zone de stockage spécifique. Lorsque le client et le serveur se sont confirmés l'envoi et l'enregistrement complet du message, le client supprime sa copie locale.

Si le client n'arrive pas à établir une connexion TCP, ou si elle est rompue lors du transfert d'un message, il enregistre l'heure de cette tentative et réessaye quelque temps plus tard d'expédier le message. D'une manière générale, un système de messagerie examine régulièrement sa zone de stockage en envoi et tente d'expédier les messages (nouveau ou en attente à cause d'échec) qui s'y trouvent. Il finira par retourner à son expéditeur un message « impossible à expédier » après un délai important. Ce mode de fonctionnement (établir une connexion de bout en bout) assure qu'aucun message ne peut se perdre, soit il est délivré, soit son expéditeur est prévenu de l'échec.

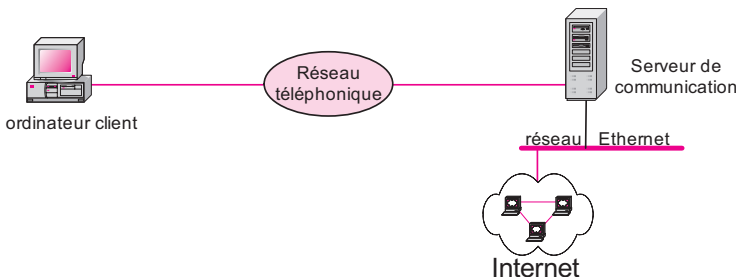


### World Wide Web : http://

HTTP (HyperText Transfer Protocol) est le protocole de communication du Web permettant d'échanger des documents hypertextes contenant des données sous la forme de texte, d'images fixes ou animées et de sons.

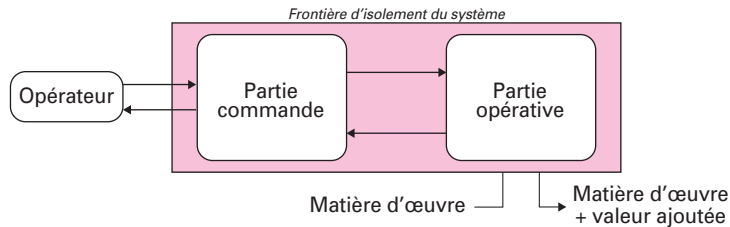
Tout client Web communique avec le port 80 d'un serveur HTTP par l'intermédiaire d'une ou plusieurs connexions TCP simultanées, chacune des connexions TCP ouvertes servant à récupérer l'un des composants de la page Web.

### Exemple de connexion au réseau Internet



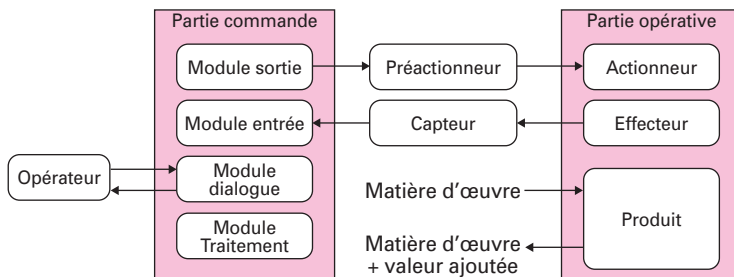
# D3. AUTOMATISMES INDUSTRIELS

## D3.1. OUTIL DE SPÉCIFICATION DES AUTOMATISMES



Un système industriel a pour but d'apporter une valeur ajoutée à une matière d'œuvre. Le système est automatisé si tout ou partie du savoir-faire (conférant la valeur ajoutée) est confié au système.

À l'intérieur de ce système apparaissent deux parties en interrelations : la partie commande et la partie opérative. Lors de l'étude de chacune de ces parties, des frontières d'isolement sont nécessaires à la mise en évidence des interactions de ces parties avec leur environnement.



### PRÉSENTATION D'UN SYSTÈME AUTOMATISÉ

#### Opérateur

Il supervise le déroulement des opérations automatisées :

- il reçoit des informations,
- il envoie des autorisations et des ordres.

#### Partie commande

Elle établit les relations permettant de déterminer chaque sortie en fonction des entrées.

- Module de sortie : il génère les « ordres d'action ».
- Module d'entrée : il reçoit les informations générées par le capteur.
- Module dialogue : il envoie des informations (voyants, buzzer, écran) et en reçoit (clavier, boutons-poussoirs).
- Module de traitement : interprète le programme. Ce programme utilise fréquemment le langage Grafset.

#### Préactionneur

Il gère et adapte l'énergie. La partie commande est souvent réalisée à partir d'un système électronique faible puissance. Il faut donc adapter une faible énergie vers une énergie plus forte, ou vers une énergie non électrique. Les préactionneurs sont souvent des relais, contacteurs, distributeurs, etc.

#### Capteur

Il acquiert une grandeur physique et la transforme en une grandeur compatible avec la partie commande.

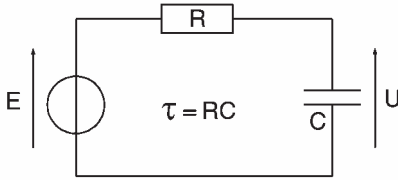
#### Partie opérative

Elle permet d'agir sur la matière d'œuvre et de procurer la valeur ajoutée.

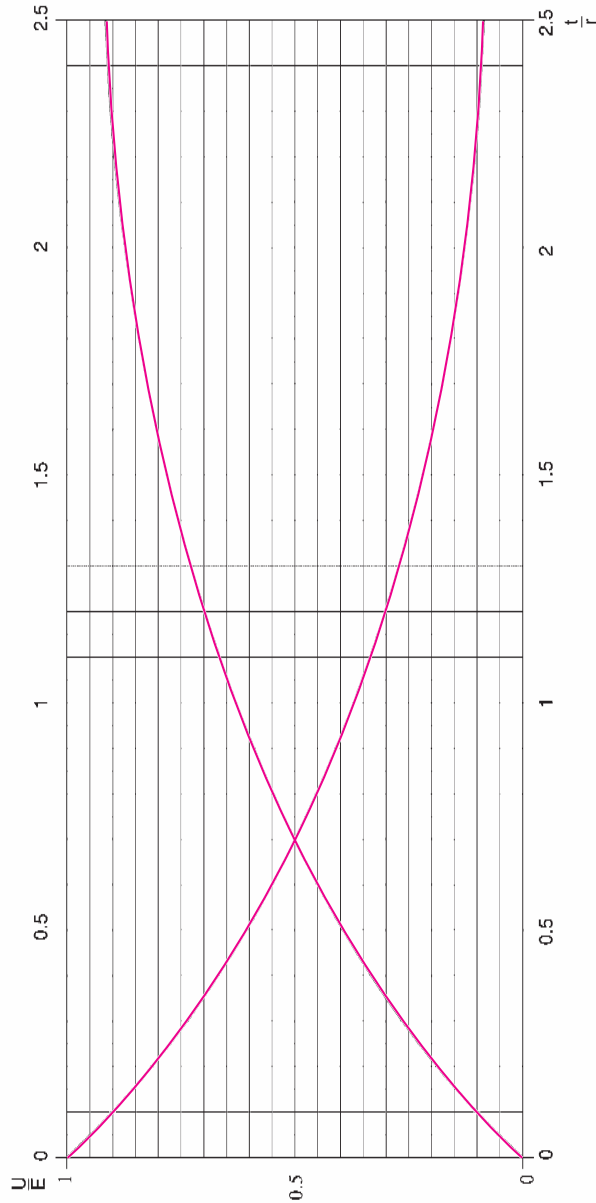
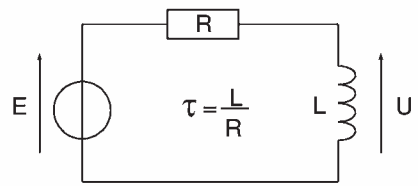
- Module actionneur : il agit sur le processus.
- Module effecteur : opère la transformation du produit.

• Courbes universelles

Circuit RC



Circuit RL



LES CONDENSATEURS (suite)