
Norme internationale



3002/4

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

**Grandeurs de base en usinage et rectification —
Partie 4 : Forces, énergie et puissance**

Basic quantities in cutting and grinding — Part 4: Forces, energy, power

Première édition — 1984-11-15

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 3002-4:1984

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a81a702b-8177-4037-9b5a-c7cf6f8a8cd5/iso-3002-4-1984>

CDU 621.91.01

Réf. n° : ISO 3002/4-1984 (F)

Descripteurs : outil, outil de coupe, angle d'attaque, force, énergie, puissance, définition.

Prix basé sur 12 pages

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 3002/4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 29, *Petit outillage*.

[ISO 3002-4:1984](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a81a702b-8177-4037-9b5a-c7cf6f8a8cd5/iso-3002-4-1984)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a81a702b-8177-4037-9b5a-c7cf6f8a8cd5/iso-3002-4-1984>

Grandeurs de base en usinage et rectification — Partie 4: Forces, énergie et puissance

0 Introduction

Les forces considérées dans la présente partie de l'ISO 3002 sont celles exercées par l'outil sur la pièce.

Les forces étant susceptibles de varier dans le temps, les couples, la puissance et l'énergie instantanés sont, dans la présente partie de l'ISO 3002, considérés à un instant donné qui, si nécessaire, devrait être spécifié.

Dans la présente partie de l'ISO 3002, les forces, les couples, l'énergie et la puissance peuvent être considérés comme se rapportant soit à la partie active de l'outil, soit à l'outil considéré comme un tout. Chaque fois qu'il y a lieu de faire clairement la distinction, l'indice «S» doit être ajouté aux symboles lorsque c'est la partie active de l'outil qui est concernée.

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale établit une nomenclature de certaines notions de base relatives à l'usinage et à la rectification des matériaux.

La présente partie de l'ISO 3002 établit et définit les termes intervenant dans la dynamique de la coupe. Elle constitue un complément à l'ISO 3002/1 qui se limite aux notions fondamentales.

Elle est applicable, de façon générale, à toutes les opérations d'usinage y compris le meulage. Cependant, certains termes spécifiques au meulage sont définis dans l'ISO 3002/5.

Les définitions¹⁾ sont groupées en cinq chapitres principaux: les deux premiers traitent des forces et couples exercés sur la pièce par l'outil ou par une partie active de celui-ci, les deux suivants traitent des énergies et des puissances à prendre en considération lors d'une opération particulière exécutée sur une machine-outil donnée, le dernier traite de grandeurs particulières afférentes aux grandeurs de base précitées.

NOTE — En supplément aux termes donnés dans les trois langues officielles de l'ISO (anglais, français, russe), la présente partie de l'ISO 3002 donne les termes équivalents en allemand, en italien et en néerlandais; ces termes ont été inclus à la demande du comité technique ISO/TC 29, et sont publiés sous la responsabilité des comités

membres de l'Allemagne, R.F. (DIN) de l'Italie (UNI) et des Pays-Bas (NNI). Toutefois, seuls les termes donnés dans les langues officielles peuvent être considérés comme termes ISO.

2 Références

ISO 841, *Commande numérique des machines — Nomenclature des axes et des mouvements.*

ISO 3002/1, *Définitions de base pour la coupe et la rectification — Partie 1: Géométrie de la partie active des outils coupants — Notions générales, système de référence, angles de l'outil et angles en travail, brise-copeaux.*

ISO 3002/2, *Définitions de base pour la coupe et la rectification — Partie 2: Géométrie de la partie active des outils coupants — Formules de conversion générales liant les angles de l'outil en main et les angles en travail.*

ISO 3002/3, *Grandeurs de base en usinage et rectification — Partie 3: Grandeurs géométriques et cinématiques en usinage.*

ISO 3002/5, *Grandeurs de base en usinage et rectification — Partie 5: Terminologie de base propre au meulage.*²⁾

3 Forces et couples exercés par l'outil

3.1 force totale exercée par l'outil: Résultante des *forces totales* F (voir 4.1) exercées par toutes les *parties actives* engagées.

3.2 couple total exercé par l'outil M : Totalité du couple produit par l'action de coupe d'un outil autour d'un axe déterminé.

3.3 couple de coupe M_c : Couple exercé autour de l'axe de rotation du *mouvement de coupe*.

4 Forces exercées par une partie active

Bien que la *force totale* sur la *partie active* n'agisse pas uniquement sur l'*arête*, on admet que l'origine du vecteur de la force

1) Les définitions de toutes les données (imprimées en italique) mentionnées ou utilisées dans la présente partie de l'ISO 3002 peuvent être trouvées soit dans le corps de cette partie, soit dans l'ISO 3002/1, l'ISO 3002/2 ou dans l'ISO 3002/3 auxquelles le lecteur doit se référer.

2) Actuellement au stade de projet.

totale est située au *point principal de l'arête*. On ne prend pas ici en considération les couples ainsi introduits.

Tous les plans et directions nécessaires à la décomposition de la *force totale* sont aussi définis par rapport au *point principal de l'arête*.

4.1 force totale F exercée par une partie active: Totalité de la force produite par l'action d'une *partie active* de l'outil sur la pièce.

NOTE — En meulage, la force totale peut être considérée pour un grain individuel de la même façon que pour une *partie active* d'un outil. Cependant, on considère plus souvent la *force totale* exercée par tous les grains actifs. Pour la décomposition de la force totale en meulage, le point principal D est défini dans l'ISO 3002/5.

4.2 Principes généraux relatifs à la décomposition de la force totale exercée par une partie active

On peut considérer différentes espèces de composantes de la *force totale*:

- a) les composantes géométriques de la *force totale* provenant de la décomposition du vecteur de la *force totale* suivant des axes quelconques;
- b) les forces physiques provenant d'actions physiques spécifiques dans certaines directions, qui donnent lieu à la *force totale* par leur action simultanée.

Par exemple, la composante géométrique de la *force totale* suivant une certaine direction par rapport à la *face de coupe* peut être engendrée physiquement par une ou plusieurs composantes, telles qu'une composante de force de frottement et une composante de *force de déflexion* (voir 4.2.4.3), etc.

La présente partie de l'ISO 3002 traite uniquement de la *décomposition géométrique de la force totale*, mais l'attention est attirée sur le fait qu'une distinction nette doit être établie entre les composantes de la *force totale* exercée par une *partie active*, et les forces provenant d'une action physique sur les *surfaces de l'outil*, contribuant à former la *force totale*.

La décomposition géométrique peut être entreprise de plusieurs façons. La présente partie de l'ISO 3002 recommande la mise en application des principes suivants en ce qui concerne la terminologie et les symboles relatifs aux cas les plus courants.

4.2.1 Décomposition géométrique de la force totale suivant la direction des différents mouvements, et suivant des directions perpendiculaires à ces mouvements

Les composantes de la *force totale* peuvent être obtenues par projection orthogonale suivant la direction des différents mouvements et suivant des directions perpendiculaires à ces mouvements. Ceci sera la méthode usuelle, pour les problèmes relatifs à la puissance. En principe, la composante de la *force totale* recevra alors un indice correspondant au mouvement considéré, soit:

- c pour la *direction de coupe*

- f pour la *direction d'avance*
- e pour la *direction résultante de coupe*
- N peut être utilisé comme indice additionnel pour indiquer une direction perpendiculaire à une ligne ou à une direction, ou indiquer une direction perpendiculaire à un plan. Lorsqu'il définit une direction perpendiculaire à une ligne, le plan contenant la direction orthogonale doit être spécifié
- p pour la direction perpendiculaire au *plan de travail* P_{fe} , c'est-à-dire la direction perpendiculaire à la fois à la *direction d'avance* et à la *direction de coupe*.

NOTE — Une étude détaillée de ces principes est donnée en 4.2.7 et 4.3.

4.2.2 Décomposition géométrique de la force totale suivant la ligne d'intersection de plans et de surfaces de l'outil

Le symbole de la composante de la force doit être identifié par deux indices: le premier pour indiquer le plan et le second pour indiquer la surface.

Exemple:

F_{ny} est la composante de la *force totale* agissant suivant l'intersection du *plan normal à l'arête* P_n et de la *face de coupe* A_y .

4.2.3 Décomposition géométrique de la force totale suivant les axes de référence de la machine (voir définition dans l'ISO 841 et figure 1).

La composante de la *force totale* suivant un axe de machine doit être identifiée par l'indice caractéristique de cet axe, suivi de la lettre «m» (pour machine).

Exemple:

$$F_{Xm} - F_{Ym} - F_{Zm}$$

4.2.4 Composantes de la force totale par rapport à des directions caractéristiques de la pièce ou à un axe relié à la pièce

Dans de tels cas, un indice complémentaire «w» doit être ajouté à l'indice (ou aux indices) indiquant la direction.

Exemple:

$$F_{Xw} - F_{Yw} - F_{Zw}$$

4.2.5 Composantes de la force totale par rapport à des directions caractéristiques de l'outil

Dans de tels cas, un indice supplémentaire «s» doit être ajouté à l'indice (ou aux indices) indiquant la direction.

Exemple:

$$F_{Xs} - F_{Ys} - F_{Zs}$$

4.2.6 Composantes de la force totale par rapport au plan de cisaillement présumé, à la direction présumée du flux de copeaux, etc.

Dans de tels cas, l'indice «sh» doit être utilisé pour la direction de cisaillement, et l'indice «ch» pour la direction du flux de copeaux.

Un exemple classique dans le cas particulier de la coupe orthogonale est donné en 4.4.

4.2.7 Composantes de la force totale suivant une perpendiculaire à un plan ou à une surface de l'outil

Lorsqu'il est nécessaire de désigner une composante de la *force totale* suivant une direction perpendiculaire à un plan ou une surface de l'outil et que cette direction ne peut être définie par rapport à d'autres directions (voir 4.2.1, 4.2.3 et 4.2.4) ou comme intersection de plans définis antérieurement (voir 4.2.2), il est alors nécessaire d'indiquer la direction par deux indices; le premier pour désigner le plan ou la surface de l'outil et le second «N» pour indiquer la direction perpendiculaire au plan.

Ainsi la composante de la *force totale* perpendiculaire au *plan normal à l'arête* P_n doit être désignée par F_{nN} et la composante de la *force totale* perpendiculaire à la *face de coupe* A_γ doit être désignée par $F_{\gamma N}$.

4.3 Décomposition géométrique de la force totale exercée par une partie active, par projection orthogonale sur les directions de mouvement et sur leurs perpendiculaires (voir figures 2 et 3)

4.3.1 force active F_a (voir figures 2, 3, 4 et 5) : Projection de la *force totale* F dans le *plan de travail* P_{fe} .

4.3.2 force transversale F_p (voir figure 2) : Composante de la *force totale* F perpendiculaire au *plan de travail* P_{fe} .

NOTES

1) F_p étant perpendiculaire à la fois à la *direction de coupe*, et à la *direction d'avance*, elle n'intervient pas dans la puissance de coupe (voir 6.3).

$$2) F^2 = F_a^2 + F_p^2$$

4.3.3 Composantes de la force totale F dans le plan de travail par rapport à la direction résultante de coupe

4.3.3.1 force en travail F_e (voir figures 2, 3, et 4) : Composante de la *force totale* F obtenue par projection orthogonale sur la *direction résultante de coupe* (c'est-à-dire selon le vecteur \vec{v}_e). Elle est donc située dans le *plan de travail* P_{fe} .

4.3.3.2 force en travail perpendiculaire F_{eN} (voir figure 3) : Dans le *plan de travail* P_{fe} composante de la *force totale* perpendiculaire à la *direction résultante de coupe*.

$$F_a^2 = F_e^2 + F_{eN}^2$$

4.3.4 Composantes de la force totale dans le plan de travail par rapport à la direction de coupe

4.3.4.1 force de coupe F_c (voir figures 2, 3 et 5) : Composante de la *force totale* obtenue par projection orthogonale sur la *direction de coupe* (c'est-à-dire selon le vecteur \vec{v}_c).

4.3.4.2 force de coupe perpendiculaire F_{cN} (voir figure 3) : Composante de la *force totale* perpendiculaire à la *direction de coupe* et située dans le *plan de travail* P_{fe} .

$$F_a^2 = F_c^2 + F_{cN}^2$$

4.3.5 Composantes de la force totale dans le plan de travail par rapport à la direction d'avance

4.3.5.1 force d'avance F_f (voir figures 2, 3, et 5) : Composante de la *force totale* obtenue par projection orthogonale sur la *direction d'avance* (c'est-à-dire selon le vecteur \vec{v}_f).

4.3.5.2 force d'avance perpendiculaire F_{fN} (voir figure 3) : Composante de la *force totale* perpendiculaire à la *direction d'avance* et située dans le *plan de travail* P_{fe} .

$$F_a^2 = F_f^2 + F_{fN}^2$$

NOTE — Lorsque l'angle de la *direction d'avance* $\varphi = 90^\circ$ (par exemple tournage, perçage), la *force d'avance* F_f est identique à la *force de coupe perpendiculaire* F_{cN} , et la *force de coupe* F_c est identique à la *force d'avance perpendiculaire* F_{fN} :

$$F_c = F_{fN}$$

Dans de telles opérations, seuls les termes *force d'avance* et *force de coupe* doivent être utilisés. Dans ces cas :

$$F_a^2 = F_f^2 + F_c^2$$

4.3.6 force de déflexion F_D (voir figures 2 et 5) : Composante de la *force totale* obtenue par projection perpendiculaire dans le *plan des dimensions de coupe*.

NOTE — Les autres composantes de la *force totale* dans le *plan des dimensions de coupe* ont déjà été définies, notamment :

- la *force transversale* F_p (voir 4.3.2)
- la *force de coupe perpendiculaire* F_{cN} (voir 4.3.4.2)

Les expressions suivantes en découlent :

$$F_D^2 = F_p^2 + F_{cN}^2$$

$$F^2 = F_c^2 + F_D^2$$

4.3.7 Angles entre les composantes de forces

Les angles entre les composantes de forces doivent être indiqués de façon explicite.

Exemple :

\widehat{FF}_a est l'angle entre F et F_a (voir figure 4) ;

$\widehat{F_a F_e}$ est l'angle entre F_a et F_e , etc.

De même, $\cos \widehat{FF_a}$ ou $\cos \widehat{F_aF_e}$ sont respectivement les cosinus des angles entre F , F_a et F_a , F_e .

NOTE — Il est mathématiquement correct de décomposer à nouveau dans un plan la projection de la *force totale* dans ce plan, mais la projection sur une direction ne peut être décomposée à nouveau.

C'est pourquoi l'on peut calculer les composantes de la *force totale* dans le *plan de travail* en calculant les composantes de la *force active* dans ce plan puisque (voir figure 4)

$$\cos \widehat{FF_e} = \cos \widehat{FF_a} \cos \widehat{F_aF_e}$$

Exemple:

$$F_e = F \cos \widehat{FF_e} = F_a \cos \widehat{F_aF_e} = F \cos \widehat{FF_a} \cos \widehat{F_aF_e}$$

4.4 Décomposition géométrique de la force totale dans le modèle simplifié à deux dimensions pour coupe orthogonale (voir figure 5)

Si l'on admet que l'*arête active* est droite et aigue que l'*angle de direction d'arête de l'outil* $\kappa_r = 90^\circ$ et l'*angle d'inclinaison d'arête de l'outil* $\lambda_s = 0^\circ$, si l'on néglige toutes les composantes des forces physiques sur la *face de dépouille* et si l'on admet aussi qu'il n'y a pas de déformation latérale de la matière, la *force de coupe* totale peut être décomposée suivant un modèle à deux dimensions dans le *plan de travail* P_{fe} .

Dans ce cas $F = F_a$.

4.4.1 plan de cisaillement P_{sh} (voir figure 6): Plan idéal dans lequel la déformation de la matière, due au cisaillement, est supposée se produire.

4.4.2 angle du plan de cisaillement Φ (majuscule)¹⁾ (voir figure 6): Angle entre la *direction de coupe* et l'intersection du *plan de cisaillement* P_{sh} avec le *plan de travail* P_{fe} .

Dans le cas idéal considéré, l'angle du plan de cisaillement peut être calculé comme suit:

$$\text{tg } \Phi = \frac{\cos \gamma_n}{A_h - \sin \gamma_n}$$

où A_h est le rapport de compression de l'épaisseur de copeau, défini comme le rapport de l'épaisseur moyenne de copeau h_{ch} à l'*épaisseur nominale de coupe* h_D (voir figure 6).

$$A_h = \frac{h_{ch}}{h_D}$$

L'épaisseur moyenne de copeau h_{ch} est mesurée dans le *plan de travail* P_{fe} perpendiculaire à la *face de coupe* A_γ .

4.4.3 force tangentielle au plan de cisaillement F_{sh} (voir figure 5): Composante de la *force totale* obtenue par projection orthogonale sur le *plan de cisaillement* P_{sh} .

4.4.4 force perpendiculaire au plan de cisaillement F_{shN} (voir figure 5): Composante de la *force totale* perpendiculaire au *plan de cisaillement* P_{sh} .

$$F^2 = F_{sh}^2 + F_{shN}^2$$

4.4.5 force tangentielle à la face de coupe de l'outil F_γ (voir figure 5): Composante de la *force totale* obtenue par projection orthogonale sur la *face de coupe* A_γ dans le *plan de travail* P_{fe} .

4.4.6 force perpendiculaire à la face de coupe de l'outil $F_{\gamma N}$ (voir figure 5): Composante de la *force totale* perpendiculaire à la *face de coupe* A_γ .

$$F^2 = F_\gamma^2 + F_{\gamma N}^2$$

5 Énergie

L'énergie à prendre en considération est celle correspondant à une opération particulière exécutée sur une machine-outil donnée, pendant une durée déterminée et dans des conditions de coupe bien spécifiées.

5.1 énergie de coupe E_c : Énergie nécessaire pour assurer le *mouvement de coupe* en vue d'enlever une certaine quantité de matière.

$$E_c = \int_0^t F_c v_c dt$$

5.2 énergie d'avance E_f : Énergie nécessaire pour assurer le *mouvement d'avance* en vue d'enlever une certaine quantité de matière.

$$E_f = \int_0^t F_f v_f dt$$

5.3 énergie de travail E_e : Énergie nécessaire à l'enlèvement d'une certaine quantité de matière. Elle est ainsi la somme des *énergies de coupe et d'avance*.

$$E_e = E_c + E_f$$

6 Puissance

6.1 puissance P : Produit scalaire des vecteurs force et vitesse pris, pour une opération particulière et dans des conditions de coupe bien spécifiées, au même point et au même instant.

Sauf spécification contraire, le point à considérer est le *point principal de l'arête*. Dans le cas d'un outil à plusieurs dents, la *puissance en travail* de l'outil est la somme des puissances de toutes les *parties actives* engagées, considérées au même instant.

1) Il faut faire la distinction entre l'*angle du plan de cisaillement* Φ défini ci-dessus et l'angle de cisaillement se rapportant à la déformation par rotation de la matière définie dans la théorie de la plasticité.

6.2 puissance en travail P_e : Produit de la *force en travail* F_e et de la *vitesse résultante de coupe* v_e prises toutes deux au *point principal de l'arête* et au même instant.

$$P_e = F_e v_e = P$$

6.3 puissance de coupe P_c : Produit de la *force de coupe* F_c et de la *vitesse de coupe* v_c prises toutes deux au *point principal de l'arête* et au même instant

$$P_c = F_c v_c$$

6.4 puissance d'avance P_f : Produit de la *force d'avance* F_f et de la *vitesse d'avance* v_f prises toutes deux au *point principal de l'arête* et au même instant.

$$P_f = F_f v_f$$

NOTE

$$P = (\vec{F}_c + \vec{F}_f) \times (\vec{v}_c + \vec{v}_f)$$

$$P = F_c v_c + F_f v_f + \vec{F}_c \vec{v}_f + \vec{F}_f \vec{v}_c$$

$$P = P_c + P_f + \vec{F}_c \vec{v}_f + \vec{F}_f \vec{v}_c$$

$$\text{Lorsque } \varphi = 90^\circ, \vec{F}_c \vec{v}_f + \vec{F}_f \vec{v}_c = 0$$

$$\text{Dans ce cas } P = P_c + P_f$$

7 Grandeurs afférentes

Toutes les grandeurs afférentes doivent se référer à une opération particulière exécutée sur une machine-outil donnée et dans des conditions de coupe bien spécifiées.

7.1 force de coupe par unité de surface de coupe k_c : Rapport de la *force de coupe* F_c exercée par la *partie active* à l'*aire nominale de la section transversale de coupe* A_D .

$$k_c = \frac{F_c}{A_D}$$

En unités SI, k_c s'exprime en newtons par mètre carré, usuellement en newtons par millimètre carré.

7.2 force de coupe par unité de largeur de coupe F'_c : Rapport de la *force de coupe* F_c exercée par la *partie active* à la *largeur nominale de coupe* b_D

$$F'_c = \frac{F_c}{b_D}$$

En unités SI, F'_c s'exprime en newtons par mètre, usuellement en newtons par millimètre.

NOTE — De la même façon, d'autres composantes de la force par unité de surface de coupe ou par unité de largeur de coupe peuvent être définies, par exemple :

k_p est la force transversale par unité de surface de coupe;

F'_D est la force de déflexion par unité de largeur de coupe.

7.3 énergie de coupe par unité de volume de matière e_c : Énergie nécessaire pour enlever une unité de volume de matière de la pièce.

En unités SI, e_c s'exprime en joules par mètre cube, usuellement en joules par centimètre cube.

7.4 puissance de coupe par unité de débit de matière p_c : *Puissance de coupe* nécessaire pour enlever une unité de débit de matière par unité de temps.

En unités SI, p_c s'exprime en watts par mètre cube seconde, usuellement en watts par centimètre cube seconde.

Tableau

Grandeur	Symbole	Unité
Force de coupe	F_c	N
Énergie de coupe	E_c	N·m = J = W·s
Puissance de coupe	P_c	$\frac{N \cdot m}{s} = W$
Force de coupe par unité de surface de coupe	k_c	N·m ⁻² ou N·mm ⁻²
Énergie de coupe par unité de volume de matière	e_c	J·m ⁻³ = N·m ⁻² ou J·cm ⁻³ = N·mm ⁻²
Puissance de coupe par unité de débit de matière	p_c	W·m ⁻³ ·s = N·m ⁻² ou W·cm ⁻³ ·s = N·mm ⁻²

NOTE — Lorsque l'on considère la *force de coupe par unité de surface de coupe* k_c , l'*énergie de coupe par unité de volume de matière* e_c et la *puissance de coupe par unité de débit de matière* p_c pour la même *partie active* et au même instant, et si chacune d'elles est exprimée dans les unités SI indiquées, l'on obtient les mêmes valeurs numériques.

La valeur de la *force de coupe* k_c , exprimée usuellement en newtons millimètres à la puissance moins deux, reste inchangée si l'*énergie de coupe* e_c est donnée en joules centimètres à la puissance moins trois et la *puissance de coupe* p_c en watts centimètres à la puissance moins trois seconde.

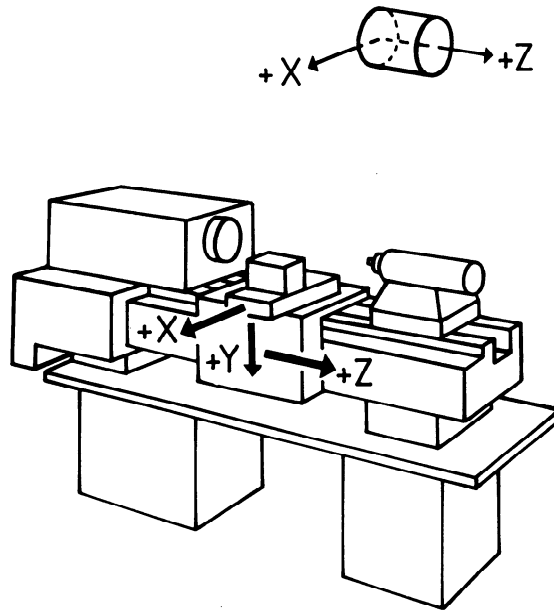


Figure 1 — Système de référence de la machine dans le cas d'un tour (pris dans l'ISO 841)

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

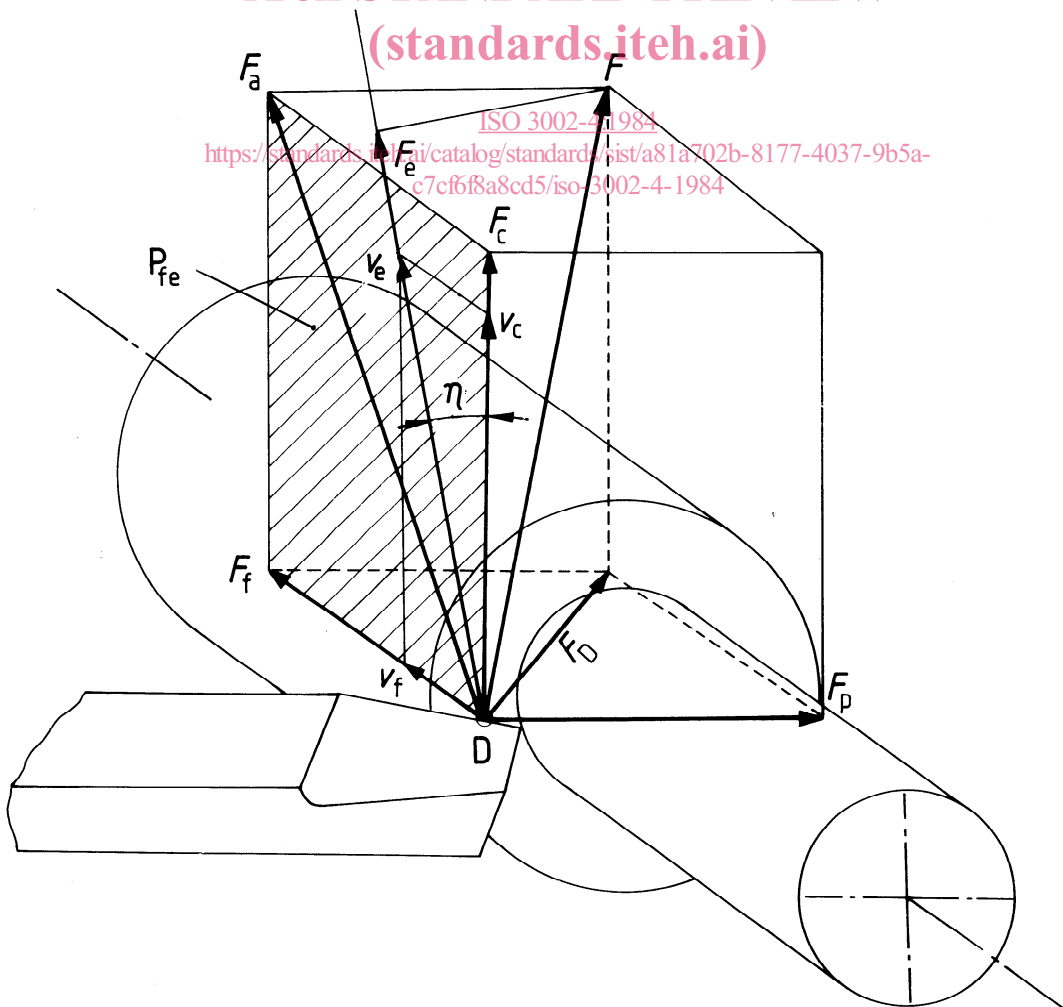


Figure 2 — Décomposition des forces en tournage cylindrique

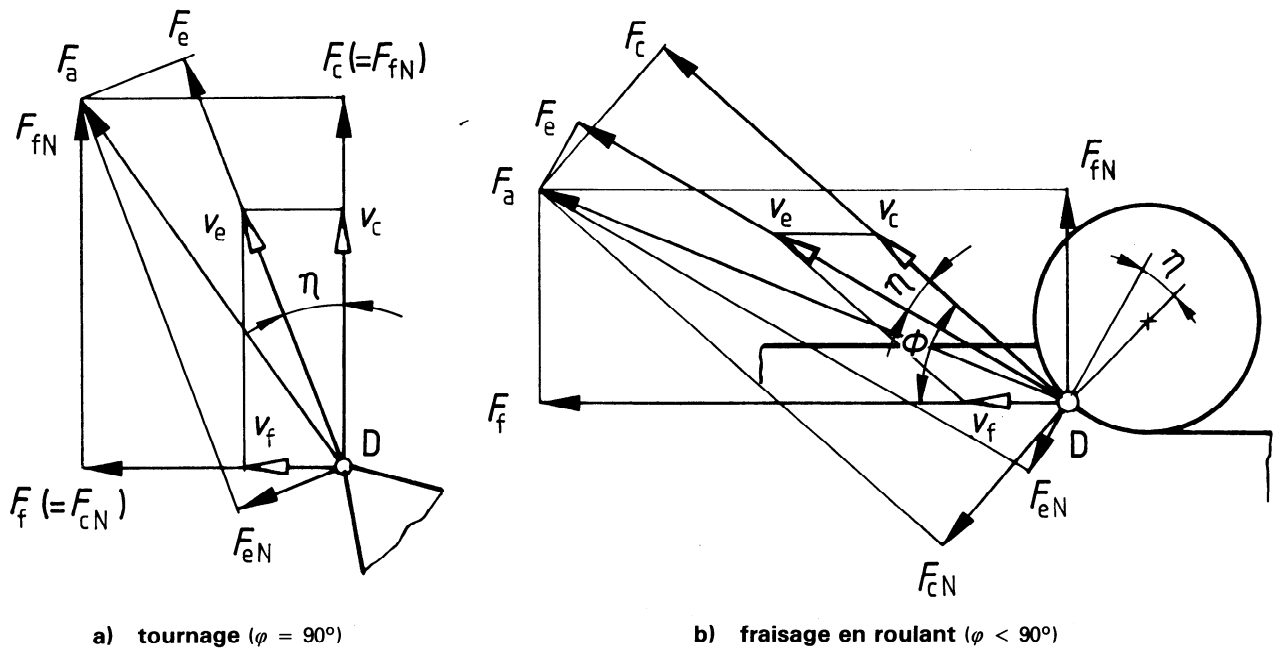


Figure 3 — Décomposition des forces dans le plan de travail P_{fe}
(standards.iteh.ai)

ISO 3002-4:1984
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a81a702b-877-4037-9b5a-c7c08a8cd5/iso-3002-4-1984>

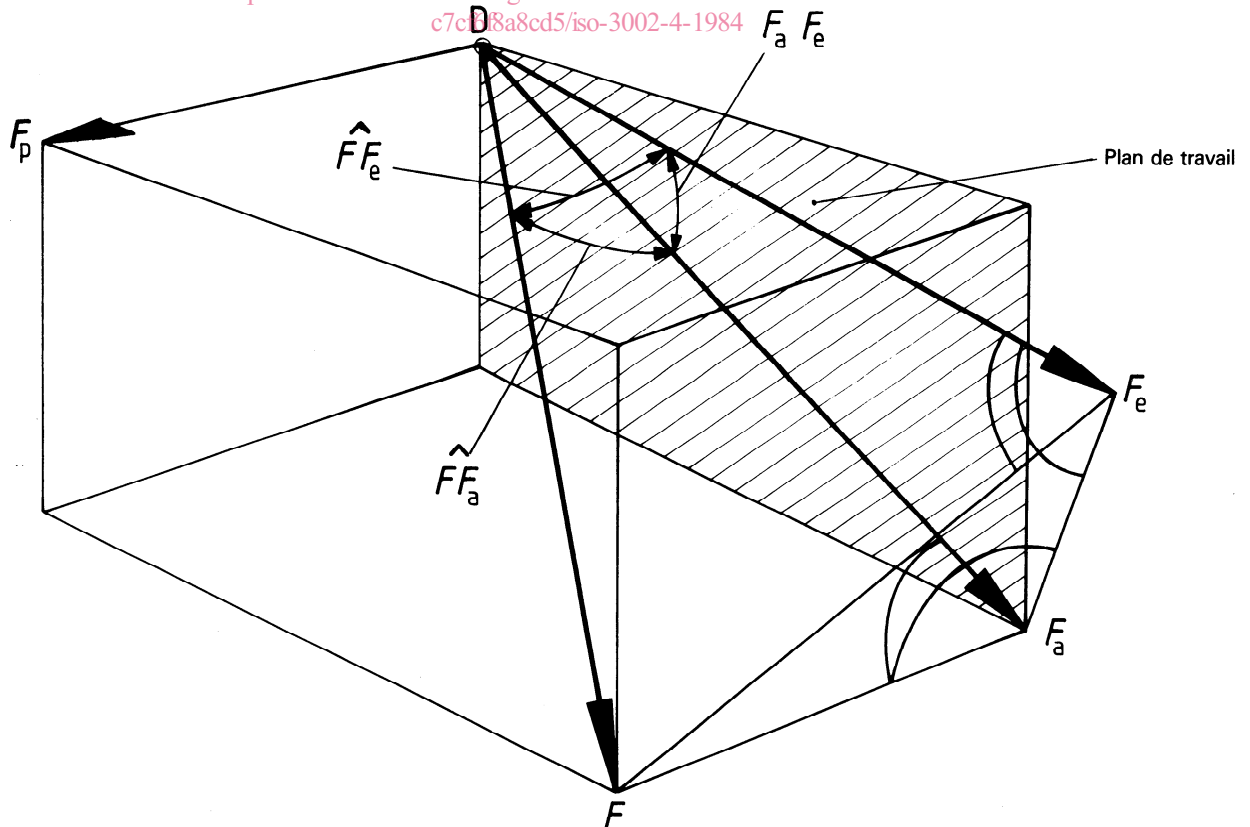


Figure 4 — Angles entre les composantes des forces