

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Conception des processus de réalisation de produits

ÉPREUVE E4 conception préliminaire

Session 2023

Coefficient 6 – Durée 6 heures

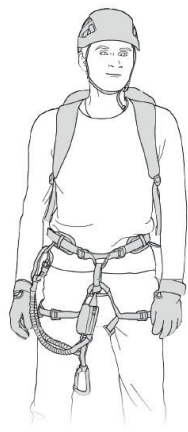
SUJET

- **Présentation du support (temps lecture 0h30)** pages 2 et 3
- **Partie 1 (temps conseillé : 0h40)** pages 4 à 6
- **Partie 2 (temps conseillé : 0h40)** pages 6 et 7
- **Partie 3 (temps conseillé : 1h30)** pages 8 à 11
- **Partie 4 (temps conseillé : 1h30)** pages 11 à 14
- **Partie 5 (temps conseillé : 0h40)** pages 14 et 15
- **Partie 6 (temps conseillé : 0h30)** page 16

Le sujet comporte 6 parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

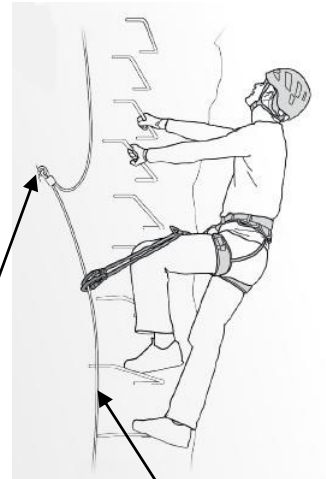
LONGE AVEC CONNECTEURS - CLIC IT

Certaines activités de loisir ou de travail amènent des personnes à se déplacer en hauteur. Pour sécuriser les déplacements une "ligne de vie" (généralement un câble en acier) est mise en place, elle est fixée en différents points. Des équipements de protection individuelle (EPI) sont alors utilisés pour s'y ancrer et comprennent principalement :

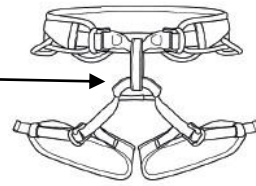


- un harnais
- une longe double
- 2 mousquetons permettant l'ancrage sur le câble

Point de fixation



Ligne de vie
(câble en acier)



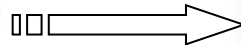
Chaque extrémité de la longe est équipée d'un mousqueton, cela permet le passage des points de fixation en ayant au moins toujours un ancrage sur la ligne de vie. La plupart des produits disponibles sur le marché ne permettent pas d'interdire le décrochage simultané des 2 mousquetons.

La société CLIC IT a conçu, développé et breveté une gamme de longes équipées de 2 connecteurs A et B, comme illustré ci-dessous, qui interdit le décrochage simultané des 2 points d'ancrage.

connecteur
A



connecteur
B



Le sujet porte sur la version "ADVENTURE" modèle « CLIC IT 21 », principalement destinée à l'utilisation de type loisir (utilisateur occasionnel), par exemple, dans les parcs "accrobranches". Il propose d'étudier des évolutions de la fabrication des connecteurs.

Utilisation et fonctionnement de la longe « ADVENTURE » (voir DT1 et DT2)

1) Déplacement entre 2 points de fixation du câble :

- les 2 connecteurs sont verrouillés sur la ligne de vie ;
- Il n'y a aucune action de l'utilisateur sur les gâchettes.



2) Passage de part et d'autre d'un point de fixation du câble.



Lorsque l'utilisateur arrive à un point de fixation de la ligne de vie, une action, avec le pouce, sur la gâchette du connecteur à décrocher, permet au barillet de ce connecteur de pivoter en position "ouvert". L'utilisateur peut alors retirer ce connecteur.

En pivotant, le barillet de ce connecteur verrouille le barillet de l'autre connecteur en position "fermé". Tant que le premier connecteur est en position "ouvert", le deuxième connecteur ne peut être ôté de la ligne de vie.

Une fois le premier connecteur replacé de l'autre côté du point de fixation de la ligne de vie, le deuxième connecteur peut être décroché et replacé de l'autre côté du point de fixation de la même façon. L'utilisateur peut reprendre son déplacement.

Partie 1 Quel est l'impact des modifications de certaines pièces sur l'assemblage du produit ?

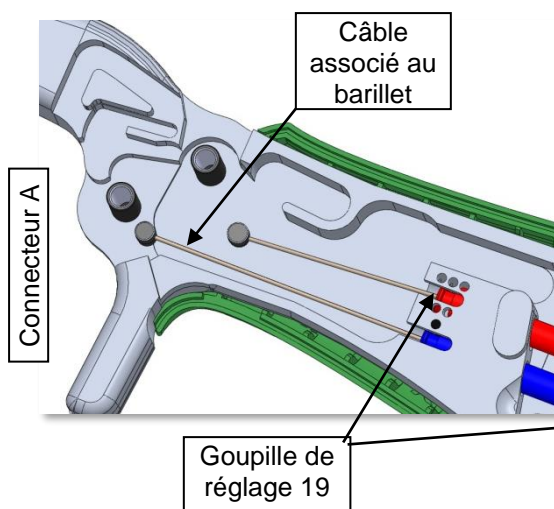
Sous-partie 1-1 Étude de l'assemblage de la longe

L'assemblage d'une longe se fait en 2 phases, l'étude porte uniquement sur la phase 20 décrite sur le **DT3**.

⇒ Phase 10 : assemblage des sous-ensembles (cadre gauche du **DT3**).

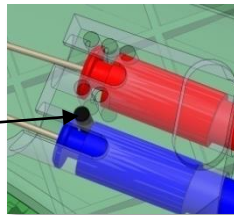
⇒ Phase 20 : assemblage de la longe sur un montage permettant de mettre et de maintenir en position les 2 sous-ensembles assemblés en phase 10.

Remarque : les 2 câbles, bleu et rouge, sont croisés entre les deux connecteurs ; les explications ci-dessous décrivent le montage du connecteur A ; le montage du connecteur B est identique mais avec les couleurs de câbles inversées.



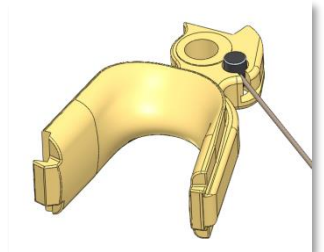
Première étape :

- introduction des extrémités des 2 câbles **rouge** et **bleu** dans le carter du connecteur ;
- mise en place d'une première goupille de réglage (rep.19) pour figer la position de la gaine du câble associé au barillet (**bleu** pour le connecteur A) - voir **DT2**.

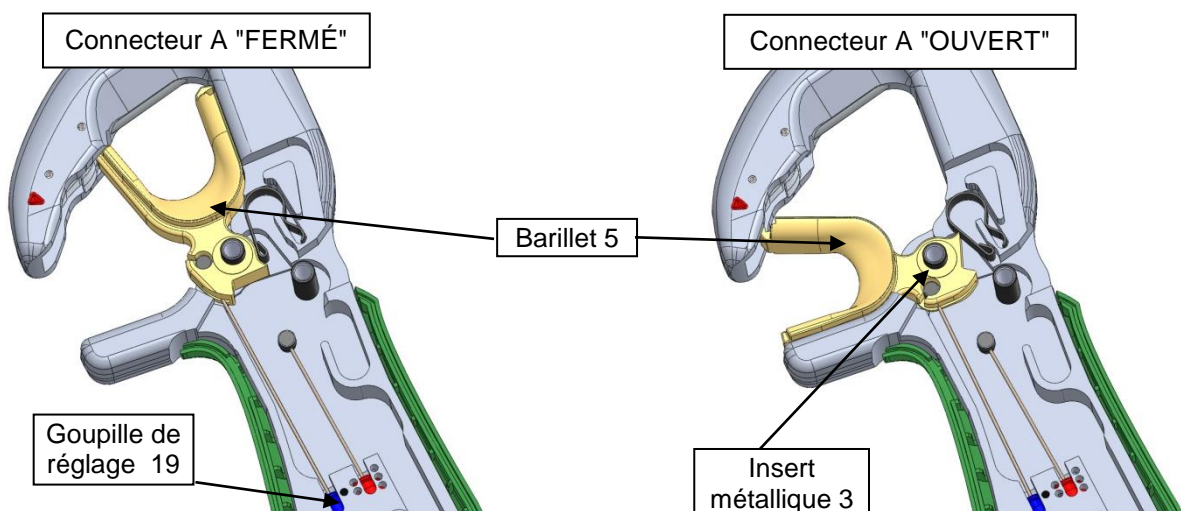


Deuxième étape :

- introduction de l'extrémité du câble bleu dans le barillet (vue ci-contre) ;
- montage du barillet sur les inserts métalliques (3) du carter (voir graphe **DT3**).

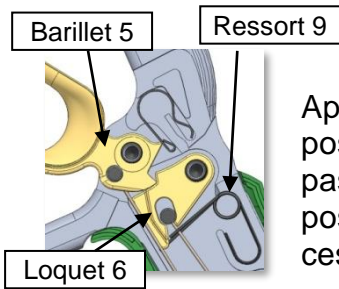


Une fois montés, les positions extrêmes des barillets des carters sont les suivantes:



Question 1-1.1
Voir DT1 et DT3
DR1 cadre Q1-1.1

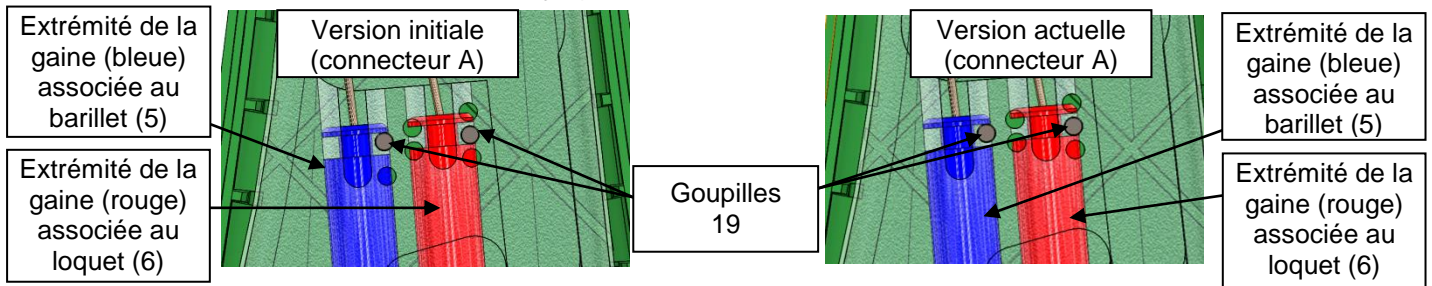
Justifier, sur le document **DR1**, l'introduction du barillet sur l'extrémité du câble approprié, **avant** montage du barillet sur son insert métallique.



Après montage du ressort (9), le loquet (6) verrouille le barillet en position "FERMÉ", une légère rotation est possible mais ne permet pas la sortie de la ligne de vie. Il est donc nécessaire de régler la position des extrémités des câbles associés aux loquets (6), afin que ces loquets ne verrouillent pas les barillets.

Sous-partie 1-2 Étude de la modification du réglage de la position du loquet

Un travail avec le fournisseur a permis de réduire les tolérances sur les longueurs des câbles. De ce fait, la version actuelle du carter comprend, au niveau de l'extrémité du câble associé au barillet, un perçage de moins que dans la version initiale.



Question 1-2.1
Voir DT1
DR1 cadre Q1-2.1

Calculer, pour la version initiale et la version actuelle, le nombre de positions de réglage possibles par connecteur.

Question 1-2.2
DR1 cadre Q1-2.2

Conclure sur l'intérêt de cette modification pour cette phase d'assemblage, dans la mesure où la position des loquets (6) est réglée par rapport à la position des barillets (5) en position "FERMÉ".

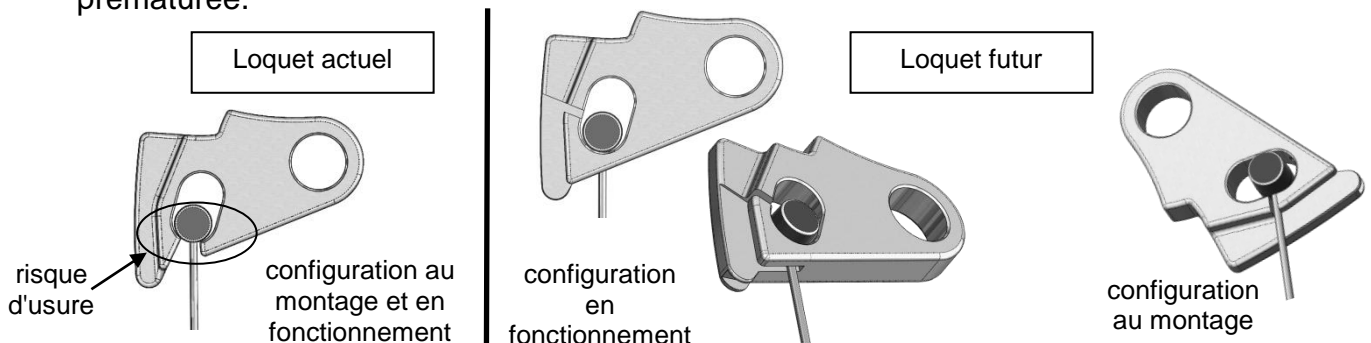
Une fois que le réglage de la position des loquets, par rapport aux barillets en position "FERMÉ" est effectué, l'inter-verrouillage des 2 connecteurs est assuré (voir **DT2** et **DT3**).

Question 1-2.3
Voir DT4
DR1 cadre Q1-2.3

Identifier, sur **DT4** l'exigence (ID) à laquelle répond ce réglage, répondre sur **DR1**.

Sous-partie 1-3 Étude de la modification des formes du loquet

Afin d'améliorer la fiabilité et la durée de vie, une modification est envisagée sur le loquet. La version actuelle sera remplacée par une version limitant les risques d'usure prématurée.



Le questionnement suivant porte sur la phase de montage de la version future.

Question 1-3.1
Voir DT3
Feuille de copie

Préciser si ce futur loquet peut être monté avec la même procédure que la version actuelle (montage des loquets sur les sous-ensembles, puis mise en place de l'extrémité des câbles dans les loquets).
Justifier votre réponse.

Question 1-3.2
Voir DT3
DR1

Compléter le nouveau graphe de montage (partiel) sur le **DR1** en modifiant la partie relative au montage des nouveaux loquets.

Question 1-3.3
Feuille de copie

Conclure sur les conséquences de ces modifications sur l'assemblage du produit en phase 20.

Partie 2 Le couple matériau / procédé retenu pour l'obtention du brut du carter est-il le mieux adapté ?

Question 2-1
Voir DT4
DR2

Le **DT4** donne le diagramme partiel des exigences de la longe. Les critères ci-dessous impactent le choix du matériau du carter. **Écrire** dans le **DR2** les exigences correspondant à chacun de ces critères.

- Limite élastique $Re \geq 200 \text{ MPa}$
- Ténacité supérieur à $10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$
- Masse volumique inférieure à $3,5 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$
- Prix matière inférieur à $2,50 \text{ €} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Coût unitaire de production le plus faible possible
- État de surface « très lisse »
- Excellente résistance à la corrosion

La liste des familles de matériaux disponibles dans la base de données à utiliser est donnée sur le **DR2**.

Dans un premier temps, il s'agit d'éliminer les familles de matériaux pour lesquelles aucun élément ne répond aux 2 critères mécaniques suivants :

- $Re \text{ mini} \geq 200 \text{ MPa}$;
- ténacité $\geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$.

Question 2-2
DR2 et feuille de copie

Sur le graphique 1 du **DR2**, **hachurer** la zone où les matériaux ne correspondent pas aux critères retenus. **Lister** sur feuille de copie les familles de matériaux qui peuvent être retenues.

Les matériaux dont la masse volumique est supérieure à $3,5 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ étant éliminés il ne reste que ceux présentés sur le graphique 2 du **DR2**. Afin de minimiser les coûts de production, on souhaite ne conserver que les matériaux dont le prix au kg est inférieur à 2,50 €.

Question 2-3
DR2 et feuille de copie

Tracer cette limite de prix sur le graphique 2 du **DR2** et **indiquer**, sur feuille de copie, le ou les matériaux qui peuvent être retenus.

Pour répondre aux critères d'esthétisme et de résistance à la fatigue (pas de défaut débouchant en peau de pièce), il est demandé d'obtenir le meilleur état de surface possible du carter brut avec les matériaux retenus.

Question 2-4
DR2 et feuille de copie

Identifier parmi les procédés, sur le graphique 3 du **DR2**, celui qui permet l'obtention d'une pièce :

- avec un état de surface très lisse;
- au coût unitaire le plus faible.

Question 2-5
Feuille de copie

Parmi les alliages d'aluminium aptes au matriçage (forgeage des alliages non ferreux) listés dans le tableau ci-dessous, **indiquer**, en justifiant votre réponse, les nuances qui respectent les critères suivants :

- une excellente aptitude au matriçage;
- une excellente résistance à la corrosion;
- une limite Rp 0,2 (0,2 % de déformation plastique résiduelle) minimale de 200 MPa.

Aptitudes des Alliages de Matriçage Transformations et Traitements de Surface

(Source : www.mct-groupe.com)

Désignation selon Norme Européenne	Densité	Caractéristiques mécaniques					Matriçage	Usinabilité	Polissage	Anodisation	Résistance à la corrosion	Domaine d'utilisation
		Etat	Rm	Rp 0.2	A%	HB						
EN 573-3			N.mm ⁻²	N.mm ⁻²	mm							
EN AW-1050A (Al99.5)	2,70	0 H18	60 145	125	25 3	20 42	A	C	A	A	A	Utilisé pour des composants mécaniques avec anodisation (électricité, chimie, agroalimentaire)
EN AW-2017A AlCu4MgSi AU4G	2,79	T4	390	235	12	105	B	A	B	B	C	Utilisé dans l'industrie dont l'aéronautique
EN AW-2024 AlCu4Mg1 AU4G1	2,77	T4	440	300	11	110	B	A	B	B	C	Utilisé dans l'industrie dont l'aéronautique
EN AW-2618A AlCu2Mg1.5Ni	2,76	T4	440	390	8,5	135	B	A	B	B	C	Utilisé dans l'industrie dont l'aéronautique
EN AW-5754 AlMg3 AG3	2,67	0	220	100	23	50	B	C	A	A	B	Utilisé dans le bâtiment
EN AW-6060 AlMgSi ASG	2,7	T6	305	270	13	95	A	C	A	A	A	Utilisé dans l'industrie automobile et nautique (résistance à la corrosion)
EN AW-6082 AlSiMgMn ASG	2,71	T6	310	280	12	95	A	C	A	A	A	Utilisé dans l'industrie automobile et nautique (résistance à la corrosion)
EN AW-7075 AlZn5.5MgCu AZ5GU	2,8	T6	530	450	8	150	B	A	B	B	C	Utilisé dans l'armement, l'aéronautique et le sport (résistance mécanique)

A = Excellent B = Bon C = Passable D = Médiocre E = Déconseillé F = Inapproprié

Question 2-6
Voir DT1
Feuille de copie

Conclure sur le choix du matériau du carter mentionné dans la nomenclature.

Partie 3 Le procédé actuel pour réaliser les empreintes sur les inserts de matriçage est-il le meilleur ?

La gamme de fabrication des inserts de matriçage est donnée sur le **DT5** :

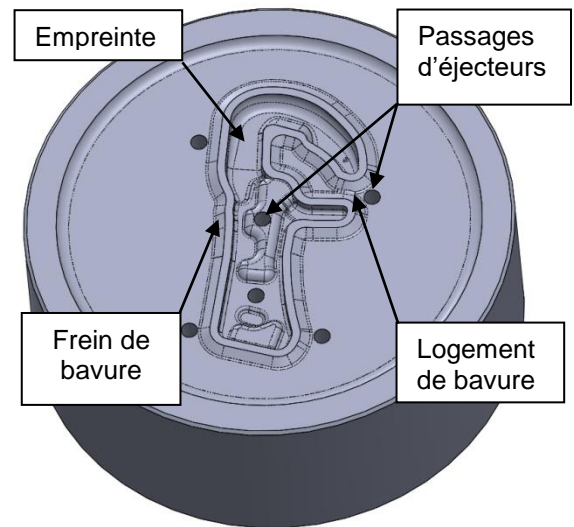
- les inserts sont standardisés, les premières phases d'usinage (de 10 à 50) sont identiques pour une même famille d'inserts.
- les formes spécifiques sont ensuite obtenues lors des opérations qui correspondent aux phases 60 à 100.

L'étude qui suit ne porte que sur la réalisation de l'empreinte du carter (1) sur **DT1**, cette phase 70 étant la plus longue du processus.

Les empreintes peuvent être actuellement réalisées dans l'atelier d'outillage par deux procédés : l'électroérosion par enfonçage ou l'usinage sur centre d'usinage 3 axes.

Dans le cadre d'une veille technologique, un troisième procédé est envisagé : l'usinage électro-chimique de précision (ou PECM).

L'étude suivante vise à comparer les temps de réalisation du carter par ces 3 procédés.



Sous-partie 3-1 Réalisation en électroérosion par enfonçage (EEE)

Afin de respecter l'état de surface demandé ($R_a 1,6 \mu m$), la réalisation par électroérosion par enfonçage nécessite 3 régimes (ébauche, demi-finition et finition). 3 électrodes différentes en graphite doivent être usinées. Les paramètres et données sont fournies sur le **DT5** (tableaux « Données Electro Érosion par Enfonçage »).

Question 3-1.1 | À partir du volume total de matière à enlever dans l'empreinte et des volumes enlevés en finition et demi-finition, **calculer** le volume à enlever lors du régime d'ébauche.
Voir DT5
Feuille de copie

Question 3-1.2 | **Calculer**, pour le régime d'ébauche, le temps d'usinage ainsi que la durée totale d'électroérosion pour l'obtention de l'empreinte dans l'insert de matriçage inférieur.
Voir DT5
Feuille de copie

Sous-partie 3-2 Réalisation sur centre d'usinage 3 axes

La réalisation de l'empreinte sur un centre d'usinage 3 axes nécessite l'utilisation de :

- 4 fraises toriques de différents diamètres pour l'ébauche de l'empreinte et la réalisation des surfaces planes ;
- 2 fraises hémisphériques pour la réalisation des surfaces gauches, des rayons et congés, en finition.

Afin d'évaluer le temps de réalisation de l'ébauche de l'empreinte, une première simulation en F.A.O. donne les résultats suivants :



Fraise torique

	Fraise torique	Temps copeaux
Opération 1	Diamètre 10 rayon 1	14 min 53 s
Opération 2	Diamètre 8 rayon 1	10 min 46 s
Opération 3	Diamètre 6 rayon 1	4 min 15 s
Opération 4	Diamètre 4 rayon 0.5	2 min 54 s

Question 3-2.1 | **Calculer** le temps « copeaux » total pour l'ébauche et la réalisation des surfaces planes.
Feuille de copie

Le choix est fait de réaliser la finition de l'empreinte avec 2 fraises hémisphériques :

- une de diamètre 2 mm pour l'obtention des surfaces en dépouille et des rayons supérieurs ou égaux à 1 mm ;
- une de diamètre 1 mm pour la reprise des rayons (enlèvement des surépaisseurs résiduelles laissées par la précédente).

Question 3-2.2 | On souhaite une rugosité R_a 1,6 μm . **Déterminer** à partir de l'abaque de conversion $R_a - R_t$ la hauteur maximale du profil de rugosité R_t .
Voir DT5
Feuille de copie

Question 3-2.3 | À partir du formulaire donné en **DT5**, **calculer** la valeur du pas de balayage a_e pour respecter le critère d'état de surface R_t obtenu précédemment à l'aide de la fraise de diamètre 2 mm.
Voir DT5
Feuille de copie

Les paramètres de coupe préconisés pour l'utilisation de la fraise hémisphérique de diamètre 2 mm sont : $f_z = 0,025$ mm par dent ; $V_c = 200$ m·min⁻¹ ; $z = 2$ dents.

Question 3-2.4 | **Calculer** la fréquence de rotation N et la vitesse d'avance V_f .
Feuille de copie

La fréquence de rotation maximale de la broche étant limitée à 10 000 tr·min⁻¹, les paramètres de coupe seront les suivants :

$$N = 10\,000 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1} ; a_e = 0,2 \text{ mm} ; V_f = 500 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$$

Question 3-2.5 | **Calculer**, à l'aide de V_f et a_e , le temps nécessaire au balayage d'une surface de 100 mm².
Feuille de copie

Question 3-2.6 | La surface à balayer étant de 7400 mm², **évaluer** le temps d'usinage pour la fraise hémisphérique de diamètre 2 mm.
Feuille de copie

La durée d'usinage avec la fraise hémisphérique de diamètre 1 mm est estimée, de la même manière, à 31 min 30 s.

Question 3-2.7 | **Calculer** le temps « copeaux » total (les 4 opérations d'ébauche et les 2 opérations de finition) pour la réalisation complète de l'empreinte.
Feuille de copie

Question 3-2.8 | **Citer** d'autres facteurs que la simple comparaison des temps d'usinage de l'empreinte qui peuvent influencer le choix entre ces 2 procédés (EEE et fraisage).
Feuille de copie

Sous-partie 3-3 Réalisation en usinage électrochimique de précision (PECM)

Le procédé PECM est présenté dans le DT6.

Question 3-3.1 | **Préciser** quelle information permet de garantir le respect d'une rugosité de Ra 1.6 μm , par ce procédé.
Voir DT6
Feuille de copie

Question 3-3.2 | **Relever** la plage de vitesse d'usinage utilisée par ce procédé.
Voir DT6
Feuille de copie

Afin d'être dans le cas le plus défavorable pour cette étude, la vitesse moyenne d'usinage par électrochimie est prise égale à 0,1 $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$.

Question 3-3.3 | **Calculer** la durée d'usinage de cette empreinte pour la phase d'électrochimie, sachant que la profondeur maximale de l'empreinte à usiner est de 10,22 mm.
Feuille de copie

Sous-partie 3-4 Étude technico-économique

Question 3-4.1 | À ce stade de l'étude, **indiquer**, parmi les 3 procédés d'usinage proposés, celui qui est le plus rapide pour l'obtention de l'empreinte.
Feuille de copie

Pour envisager d'investir dans le procédé PECM, il est nécessaire d'effectuer une étude technico-économique de la réalisation des inserts de matricage.

Afin de minimiser les coûts de réalisation, le service outillage propose de « relaver » les empreintes nitrurées lorsqu'elles sont usées. Le relavage consiste à ré-usiner l'empreinte sur quelques millimètres de profondeur, cette opération peut être faite 1 à 2 fois.

Question 3-4.2 | **Expliquer** l'intérêt de cette solution.
Feuille de copie

Le relavage de l'empreinte ne peut pas être envisagé par usinage en raison de la dureté trop élevée (HV1000) de la surface nitrurée de l'empreinte. L'usinage par électrochimie nécessite la réalisation d'électrodes. Ce procédé n'est économiquement rentable que si une même électrode permet de réaliser au moins 30 empreintes.

Le tableau ci-dessous représente les 4 situations possibles :

Nombre d'empreintes à réaliser	Relavage des empreintes	Pas de relavage des empreintes (outillages neufs)
Inférieur à 30	Situation 1	Situation 2
Supérieur ou égal à 30	Situation 3	Situation 4

Question 3-4.3
Feuille de copie

Pour chaque situation ci-dessus, **lister** le ou les procédés (EEE, fraisage et PECM) adapté(s) en fonction :
- du nombre d'empreintes à usiner ;
- d'un relavage de l'empreinte ou non (outillages neufs).

Justifier vos réponses pour chacune des 4 situations ci-dessus, à l'aide de critères technico-économiques (faisabilité, durée, coût).

La production annuelle de carter est estimée à 20 000 pour une durée de 5 ans.

Question 3-4.4
Feuille de copie

Calculer la production totale pour ce modèle de carter.

La durée de vie d'un outillage de matriçage est actuellement estimée à 8 000 carters.

Question 3-4.5
Feuille de copie

Calculer le nombre d'outillages nécessaire pour assurer la production sur 5 ans.

Question 3-4.6
Voir DT5
Feuille de copie

Dans l'hypothèse où l'augmentation des quantités de pièces à produire justifie le PECM, **proposer** une modification du processus de réalisation actuel décrit sur le **DT5** dans la gamme de fabrication actuelle des inserts de matriçage.

Partie 4 Quel est le moyen le plus adapté pour usiner le carter ?

Sous-partie 4-1 Étude du groupe de surfaces associées à la goupille de glissement

Voir **DT1**. La dureté de l'acier de la ligne de vie (câble) est HB100. La dureté de l'alliage constituant le carter est HB95. La dureté de la goupille de glissement est HRC 60. Un matériau de dureté HRC 60 est plus dur qu'un matériau de dureté HB 100.

Question 4-1.1
Voir DT1
Feuille de copie

Justifier la présence de la goupille de glissement insérée dans le carter du connecteur

Question 4-1.2
Voir DT4
Feuille de copie

À l'aide du diagramme partiel des exigences, **identifier** à quelle exigence satisfait la goupille de glissement.

Le carter comporte trois ensembles de surfaces : (voir couleurs des surfaces sur le **DT8**)

- 1- l'ensemble de surfaces (jaune) en relation avec la goupille de glissement (E1) ;
- 2- l'ensemble de surfaces (vert) assurant les liaisons de la bascule avec le carter (E2) ;
- 3- l'ensemble de surfaces (rouge) recevant le mécanisme de synchronisation des connecteurs (E3).

Remarque : les surfaces de l'ensemble E2 ne sont pas étudiées.

Le **DT10 - Partie A** "orientations principales d'usinage", définit les directions principales d'usinage W_a , W_b , W_c pour l'ensemble de surface E3

Question 4-1.3
Voir DT8, 9 et 10
DR3 - Partie A

Compléter la première ligne du tableau du **DR3 - Partie A** "Orientations principales d'usinage" en indiquant les surfaces réalisées de E1 usinables suivant l'orientation W_d .

Question 4-1.4
Voir DT8, 9 et 10
DR3 - Partie A

Compléter le tableau du **DR3 - Partie A** "Orientations principales d'usinage", en écrivant toutes les surfaces de E1 et les orientations d'usinage (W_a ou W_b ou W_c) associées à ces surfaces (une ligne par orientation, certaines lignes peuvent rester vides).

Sous-partie 4-2 Étude de la faisabilité de l'usinage du carter

Un posage est une mise en position de la pièce permettant l'usinage d'un ensemble de surfaces sans démonter la pièce du porte-pièce ; une rotation de palette n'est donc pas considérée comme un nouveau posage.

Les orientations d'usinage sont W_a , W_b , W_c et W_d .

Trois types de centre d'usinage sont envisagés pour réaliser le carter : CU 3 , 4 ou 5 axes.

Le document **DT11** "solutions de Posages" donne les posages et les maintiens en position pour CU 3 axes, 4 axes et 5 axes.

Chaque ligne des trois tableaux, du document **DR4 - Partie A**, représente un posage.

Lorsque la pièce est dans une position, on usine toutes les surfaces usinables.

Il est possible d'éviter le porte pièce pour permettre aux outils d'accéder aux surfaces usinables.

Question 4-2.1
Voir DT11
DR4 - Partie A

Indiquer, pour chaque posage sur CU 4 axes et CU 5 axes, les orientations d'usinage (W_a , W_b et W_d) correspondant aux surfaces réalisées avec ce posage.

Comme indiqué sur le **DR4 – Partie B** on peut réaliser le carter :

- Sur CU 3 axes en quatre phases phase 10 à phase 40.
- Sur CU 4 axes en une phase, la phase 10 comprenant deux sous-phases : sous-phase 101 et sous-phase 102.
- Sur CU 5 axes en une phase, sans sous-phase, la phase 10.

Le choix du type de machine se fera selon trois critères :

- faisabilité du maintien en position;
- spécifications entre surfaces;
- disponibilité des machines.

Étude du critère « Faisabilité du maintien en position »

Le **DT9 - Partie B**, rappelle les règles de maintien en position.

Question 4-2.2
Voir DT7
DR4 - Partie B

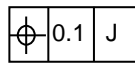
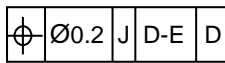
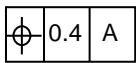
Indiquer si les règles 1 et 2 sont prises en compte pour la phase concernée pour le choix CU 4 axes ou CU 5 axes
Remarque : pour exemple, le tableau relatif au centre d'usinage 3 axes est complété.

Question 4-2.3
Feuille de copie

Conclure sur la faisabilité du maintien en position pour les trois machines.

Étude du critère « Spécifications entre surfaces »

On souhaite chiffrer les dispersions pour les spécifications suivantes :



Sur le **DR4 - Partie B** critère « spécifications entre surfaces », le tableau est complété pour le CU 3 axes.

Les valeurs des dispersions sont :

- 0,02 mm pour la dispersion d'usinage sur chaque surface usinée;
- 0,05 mm pour la dispersion de reprise « sur usiné » ;
- 0,1 mm pour la dispersion de reprise « sur brut ».

Question 4-2.4
Voir DT7 et DT8
DR4 - Partie B

Compléter, pour le CU 4 axes, le tableau relatif au critère « Spécifications entre surfaces » en indiquant, pour chaque spécification :
- les valeurs des dispersions à prendre en compte;
- la valeur de la dispersion totale.

Question 4-2.5
Feuille de copie

Conclure en indiquant les machines utilisables par rapport au critère "Spécifications entre surfaces".

Étude du critère « Disponibilité des machines »

L'estimation de la charge induite par les usinages est donnée dans le tableau « disponibilité des machines » du **DR4 - Partie B**. La charge de l'atelier relative à d'autres pièces en production est également indiquée.

On veut vérifier la disponibilité des machines (CU 3 axes ou CU 4 axes) pour réaliser le carter. L'horizon de prévision est à 6 mois. Les charges et capacités sont exprimées en heures.

Question 4-2.6
Feuille de copie et
DR4 - Partie B | Sur feuille de copie, **calculer** le taux de charge des CU 3 axes et des CU 4 axes, en intégrant l'usinage des carters. **Compléter** le tableau Critère « Disponibilité des machines ».

Question 4-2.7
Feuille de copie | **Indiquer** les machines disponibles pour réaliser les usinages du carter, en justifiant votre réponse.

Question 4-2.8
Feuille de copie | **Conclure**, en prenant en compte les différents critères, sur le moyen le plus adapté pour usiner le carter.

Partie 5 Combien faut-il de porte-pièces pour minimiser le coût de production ?

Sous-partie 5-1 Nombre de porte-pièces nécessaires pour usiner le carter

La phase Ph10 sur CU 4 axes comprend 2 sous-phases : la sous-phase sph101 et la sous-phase sph102. Le cube monté sur le CU 4 axes a pour dimensions 250x250x500 mm. La broche a un diamètre de 200 mm (voir **DT10 - Partie B**).

Sur le **DR3 - Partie B**, l'axe X+ est représenté.

Question 5-1.1
DR3 - Partie B | **Tracer** les autres axes de programmation de la machine, dans le sens positif, en partant du point O. **Indiquer** le nom de chaque axe et son sens (+ ou -).

La zone utilisable pour le montage des porte-pièces est définie par la dimension « d » indiquée sur le **DT10 - Partie B**.

Question 5-1.2
Voir DT10 - Partie B
Feuille de copie | Sur feuille, **calculer** la dimension « d » en justifiant votre réponse.

Sur le **DR3 - Partie C**, la pièce est représentée sur le porte-pièce pour la sous-phase sph101. Les orientations d'usinage Wa et Wd, associées à certaines surfaces usinées dans cette sous-phase, sont représentées sur le **DT10 - Partie C - sph 101**.

Question 5-1.3
DR3 - Partie C | Le porte pièce est en position d'usinage. **Tracer**, en partant du point « Opp », les axes de programmation pour réaliser les surfaces associées à l'orientation d'usinage Wd. **Indiquer** le nom de chaque axe et son sens (+ ou -).

On souhaite savoir s'il est possible de monter plusieurs porte-pièces identiques sur une même face du cube. Le **DR3 - Partie C** donne les dimensions d'un porte-pièce pour la sous-phase sph 101.

Question 5-1.4
Feuille de copie

Calculer le nombre de porte-pièces que l'on peut monter sur une face du cube, pour la sous-phase sph101, en justifiant votre réponse.

Il est décidé que le nombre de pièces montées sur la machine, pour la sous-phase sph101, doit être le même que celui pour la sous-phase sph102.

Question 5-1.5
Feuille de copie

Justifier ce choix.

Sous-partie 5-2 Nombre de faces du cube à utiliser pour la phase ph10

Le cube du CU4 axes possède quatre faces et on envisage de positionner 2 pièces par face. Le bureau des méthodes demande d'étudier deux possibilités :

- utiliser une face du cube pour la sous-phase sph101 et une face du cube pour la sous-phase sph102;
- utiliser 2 faces du cube pour la sous-phase sph101 et 2 faces du cube en sous-phase sph102.

Les données pour le calcul des coûts de pièces sont sur le **DT12**.

La relation permettant de calculer le coût d'un lot de n_1 pièces, si on utilise une seule face du cube en sous-phase sph101, est $C_1 = (24,13 \times n_1) + 1500$

Question 5-2.1
Voir DT12
Feuille de copie

Expliquer comment cette relation est obtenue.

La relation permettant de calculer le coût d'un lot de n_2 pièces, si on utilise 2 faces du cube en sous-phase ph101, est $C_2 = (16,98 \cdot n_2) + 3000$

Question 5-2.2
DR5 - graphique 1

Sur le **DR5**, **tracer** en les identifiant par C_1 et C_2 :

- la droite de variation du coût C_1 en fonction du nombre de pièces n ;
- la droite de variation du coût C_2 en fonction du nombre de pièces n .

Question 5-2.3
DR5 - cadre Q5-2.3

À partir des tracés de la question 5-2.2, **déterminer** le nombre de pièces à partir duquel la solution consistant à utiliser deux faces du cube pour la sous phase sph101 donne un coût de pièce moins élevé.

L'entreprise CLIC IT prévoit une production de 1600 connecteurs par mois.

Question 5-2.4
DR5 - cadre Q5-2.4

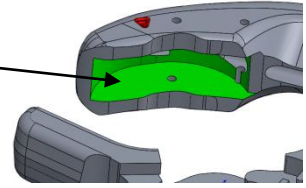
Préciser et justifier, dans ce cas, la configuration à retenir.

Question 5-2.5
DR5 - cadre Q5-2.5

Conclure sur les moyens (machine, porte pièces) à mettre en œuvre pour réaliser le carter.

Partie 6 Quelles précautions prendre pour maîtriser les déformations du carter lors de l'usinage ?

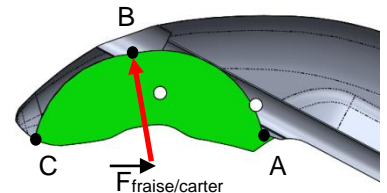
Le retour d'expérience, associé aux pièces de même morphologie, conduit le bureau des méthodes à s'intéresser aux déformations, pendant l'usinage, localisées au niveau du logement de la bascule (rep. 18) du **DT1**.



Cette forme est usinée avec une fraise 3 tailles et les dimensions des formes à obtenir imposent l'utilisation d'une fraise de diamètre 32 mm (voir **DT8**).

Il est envisagé, dans un premier temps, d'effectuer l'usinage avec une seule fraise, en une seule passe.

Dans la suite de l'étude, le point B sera considéré comme le point d'effort maximum $F_{\text{fraise/carter}}$, de la fraise sur la pièce tendant à déformer cette dernière.



Un calcul par excès a permis d'évaluer $F_{\text{fraise/carter max}} = 200 \text{ N}$.

Une étude, effectuée à l'aide d'un logiciel de simulation par éléments finis, donne les résultats figurant dans le cadre 2 du document **DR6**.

Question 6-1
DR6 | **Indiquer**, en choisissant parmi les 2 cas proposés dans le cadre 1 du **DR6**, l'allure de la surface "réelle" usinée par rapport à la surface "théorique" usinée. **Justifier** la réponse.

Le dessin de définition **DT8** spécifie la tolérance $\boxed{\triangle 0.1 \text{ J D - E L}}$ sur la surface "théorique" usinée, représentée en trait continu dans les 2 vues du cadre 1 du **DR6**.

Sur la vue correspondant au cas choisi à la réponse Q6-1 :

Question 6-2
Voir DT8
DR6 | Pour la spécification ci-dessus, **tracer**, en couleur, les 2 surfaces limites définissant la zone de tolérance.

Question 6-3
DR6 | **Coter** la valeur de la zone de tolérance.

Question 6-4
Feuille de copie | À partir de la spécification, **calculer** l'écart maximum toléré entre la surface "réelle" usinée et la surface "théorique" usinée.

Hypothèse : l'écart maximum observé est localisé au point B.

Question 6-5
DR6 | **Entourer**, sur la représentation couleur du carter, la zone correspondant à la localisation du point B.

Question 6-6
Feuille de copie | **Évaluer** cet écart.

Question 6-7
Feuille de copie | **Conclure** sur la conformité de la pièce en justifiant votre réponse.

Question 6-8
Feuille de copie | Dans l'hypothèse où l'usinage en une passe ne permet pas de satisfaire les exigences du tolérancement, **proposer** succinctement une ou plusieurs solutions pour diminuer les déformations.