

PARTIE 3

1. Etude des solutions constructives de l'ensemble de palpation

La version proposée document 2 représente l'état actuel du prototype de la machine à mesurer.

L'ensemble broche – contre pointe ainsi que l'unité de translation verticale et la règle de référence donnant entière satisfaction, leur structure n'est pas remise en cause.

Dans la première version de l'ensemble de palpation, les deux guidages en translation étaient réalisés à l'aide de douilles à billes.

Les essais ont montré que sans charge radiale suffisante les billes ne roulent pas régulièrement et que le contrôle de l'effort de palpation dans ces conditions n'est pas bon.

Il a donc été décidé de remplacer chaque douille à billes par un module à galets dont le dessin est fourni document 2 (cadre "Module à galets : Ech 1:1")

1.1. Exigences géométriques sur le corps du module

Q33 : Quelle modélisation cinématique peut-on associer à un module complet, en admettant que sa géométrie soit parfaite? (justification en 15 mots maximum)

Liaison équivalente : linéaire annulaire de centre l'intersection du plan contenant les axes des galets et d'axe celui du tube de guidage.

Justification : normales aux contacts avec le tube de guidage coplanaires donc concourantes sur l'axe de celui-ci.

Q34 : En prenant le chariot comme bâti, faire un schéma technologique, en perspective et à main levée, de l'ensemble des pièces assurant les guidages associés aux mouvements des axes X et Z'.

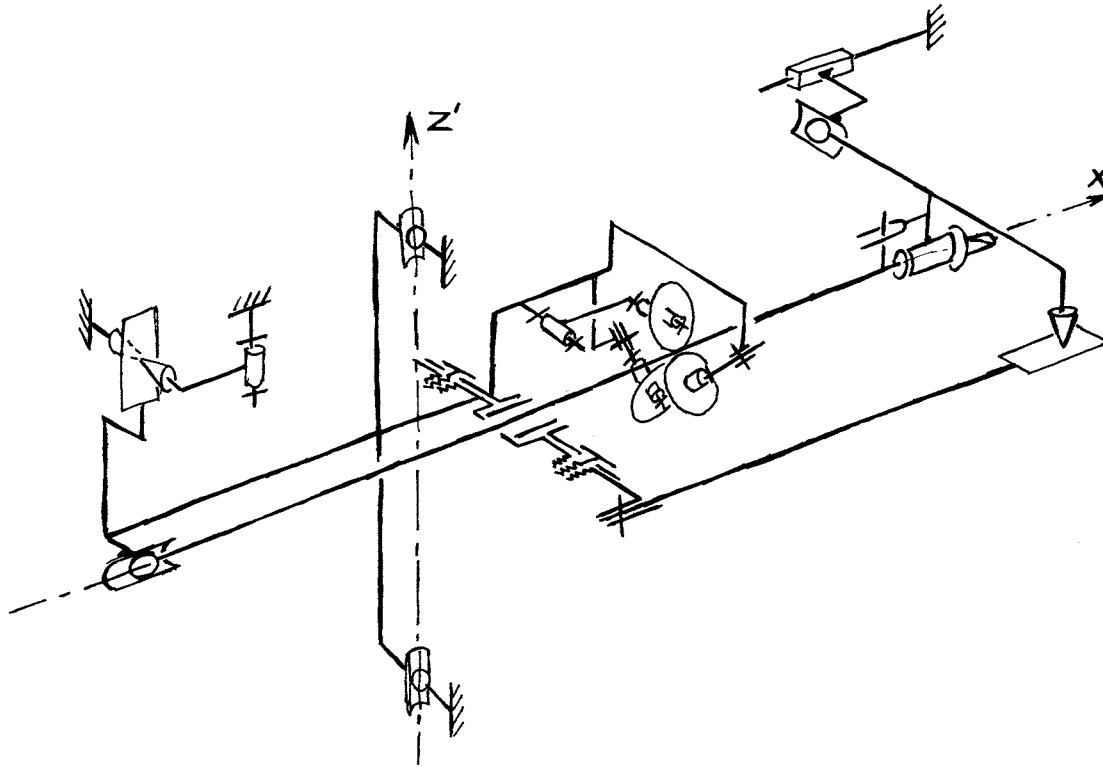
Ne pas représenter les différents ressorts ni le système de contre poids.

Dans ce schéma, un seul module à galets sera détaillé afin d'en montrer sa structure, les trois autres seront représentés par la liaison choisie en Q33.

Ce schéma doit faire apparaître clairement les composants qui constituent ce sous ensemble fonctionnel, y compris les éléments de positionnement et d'assemblage.

Aucune symbolique normalisée n'est imposée, chaque galet sera représenté par une ellipse les autres pièces seront symbolisées par un tracé de type filaire en trait fort. Seules la clarté et la qualité d'expression de ce schéma seront évaluées.

Il suffisait de s'inspirer de la perspective de la figure 9



Q35 : Une pièce réelle comporte nécessairement des écarts géométriques par rapport à son modèle.

Proposer une cotation fonctionnelle (sans chiffrer les valeurs des tolérances) du boîtier à galets garantissant :

- un fonctionnement du module conforme au modèle défini en Q33 ;
- une maîtrise de la position relative de deux modules associés dans le même guidage en translation.

On pourra soit faire des croquis à main levée, soit utiliser les silhouettes fournies document 13 (boîtier à galets) en leur appliquant la technique "couper coller" manuellement.

Les axes des deux galets « fixes » doivent être coplanaires et dans un plan perpendiculaire à l'axe de la tige support de palpeur.

L'interfaçage du module avec les autres pièces se fait par appui sur le plan P et centrage avec une douille dans le cylindre C. Le plan P doit assurer un appui de qualité d'où une tolérance de planéité le concernant. On construit une référence ordonnée sur ces deux surfaces (P assure l'orientation compte tenu des proportions et du vissage à travers P).

Chaque axe étant monté en chape, on utilise une rectitude en zone commune pour chacun (condition de montage de l'axe du roulement concerné).

Les deux axes doivent être coplanaires, on utilise une planéité des quatre portées en zone commune, et ce plan doit être parallèle au plan d'appui du module (parallélisme ou localisation avec P seulement).

Si la maîtrise de l'entraxe de deux modules (distance entre les linéaires annulaires équivalentes) est importante on ajoutera une localisation par rapport à P avec une tolérance adaptée.

Une localisation radiale assez précise des axes est nécessaire pour que le corps du palier intermédiaire soit globalement parallèle au plan (X, Z) de la machine. La référence de cette localisation est la référence ordonnée P,C (axe perpendiculaire à P, passant par la trace dans P du plus gros cylindre perpendiculaire à P contenu dans C)

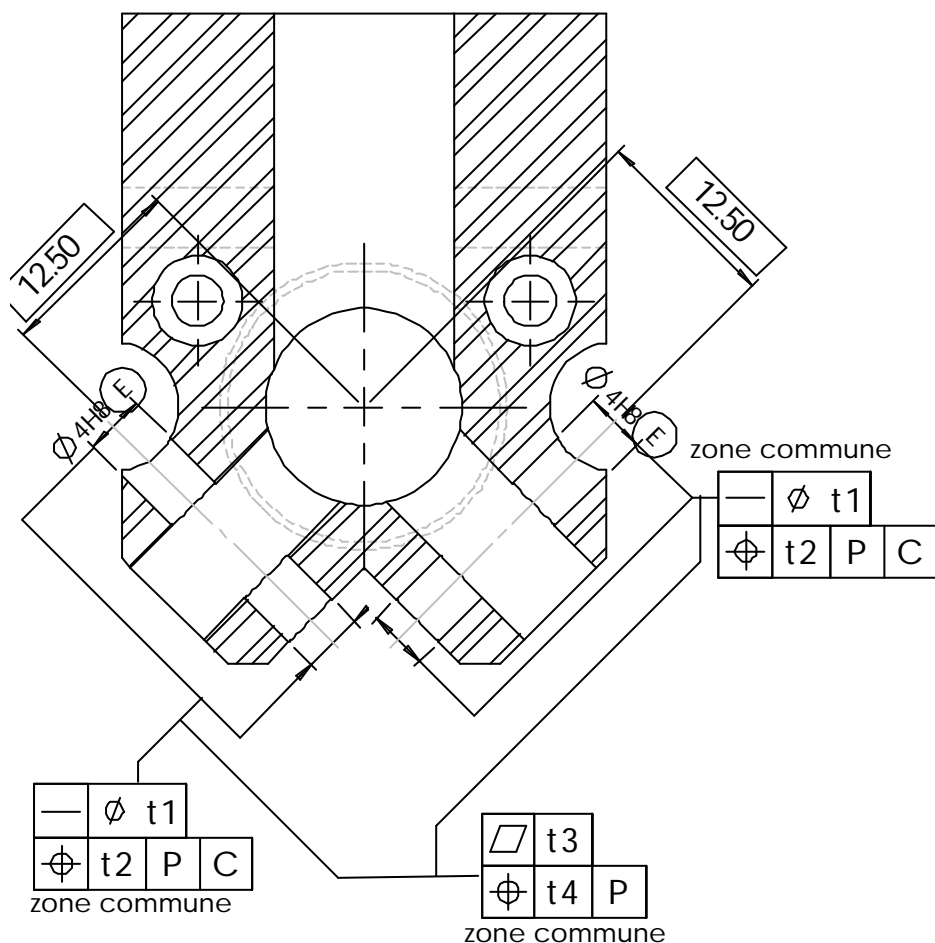
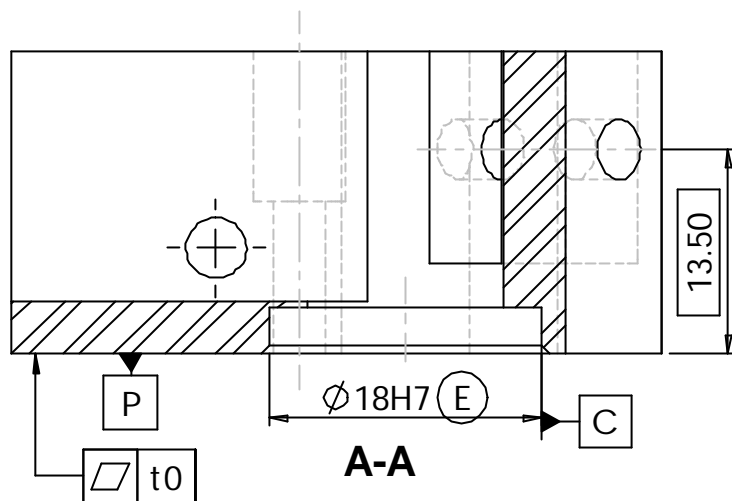
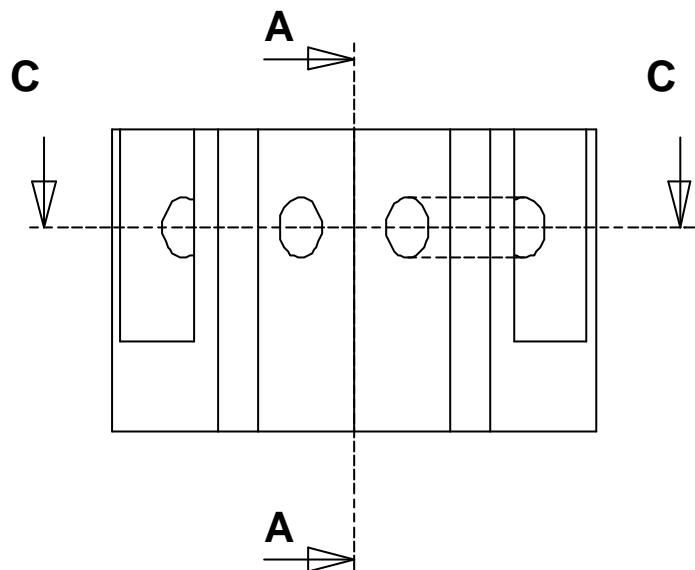
Une localisation grossière du plan médian de chaque chape suffit à garantir le contact des bagues extérieures des roulements sur la tige du palpeur (les bagues extérieures ayant une largeur de 5 mm cette localisation est optionnelle ici)

L'angle du Vé formé par les axes des deux galets et son orientation par rapport au module n'ont pas d'incidence sur le comportement de la liaison. Ces valeurs sont laissées à l'appréciation de la fabrication.

L'exigence de l'enveloppe sera indiquée sur les diamètres des alésages du centrage C et des axes de montage des galets, afin de limiter leurs défauts de forme.

Le galet de précharge n'intervient pas dans la qualité géométrique. Pour minimiser la déformation de flexion circulaire de la tige entre deux modules à galets, on peut localiser l'axe d'articulation du galet presseur pour que la normale au contact de ce galet soit dans le plan des deux autres normales. Les spécifications correspondantes n'ont été prises en compte que comme bonus à cette question.

Il est anormal, que pour la majorité des candidats ayant abordé cette question, le système de référence soit construit sur les faces extérieures du brut parallélépipédique... ces surfaces n'étant pas en contact avec le corps du palier intermédiaire...



C-C

Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement

Document 10a : Boitier à galets
Ech 2:1

Relation produit procédé

Les machines d'usinage à commande numérique et les outils coupants modernes permettent de réaliser, dans des conditions économiques intéressantes, des pièces complexes en petite série garantissant une qualité inégalable par des moyens traditionnels.

On envisage de fusionner sur un même bloc les boîtiers des quatre modules à galets ainsi que le palier intermédiaire. Une architecture possible pour cette pièce est représentée sur le document 14 (nouveau palier intermédiaire).

Q36 : Lister les avantages et les inconvénients que présente cette solution (nouveau palier intermédiaire) par rapport à la solution initiale.

Avantages	Inconvénients
<p>Suppression des assemblages des modules à galets soit suppression de :</p> <ul style="list-style-type: none">- 4 bagues de centrage ;- 8 vis et leurs rondelles frein;- 4 bruts de modules à galets ;- 8 plans précis ;- 8 alésages de centrage précis ;- 8 taraudages délicats (M4) en moins. <p>Colonne de guidage d'axe Z' monobloc (une pièce de moins à approvisionner et meilleure qualité de rectitude du guidage), cette nouvelle colonne est encastrée directement sur la platine du chariot avec une simplification importante des paliers supérieur et inférieur initiaux.</p> <p>Gain en qualité sur les positions relatives des surfaces fonctionnelles. Celles-ci étant garanties par la qualité géométrique de la machine-outil.</p> <p>Gain de temps sur les opérations de finition.</p> <p>Réduction du coût d'outillage par rapport au nombre d'opérations élémentaires nécessitées par le nombre de pièces de la solution initiale.</p> <p>Léger gain de masse globale de la nouvelle partie mobile.</p>	<p>Nécessite un centre d'usinage à broche horizontale et table pivotante (4 axes) plus un diviseur à commande numérique, ou une machine plus sophistiquée (5 axes dont deux rotations sur la table, ou une 5 axes à tête orientable et axe W sur la tête pour les opérations axiales)</p> <p>Décalage des colonnes de guidage X et Z' qui ne sont plus coplanaires.</p> <p>Décalage de l'axe anti-roulis du guidage X pour pouvoir réaliser les deux trous taraudés des vis de pression de blocage du tube sans démonter la pièce. Ces deux trous M4 se trouvent à l'origine du côté de la face de pose de la pièce sur la table du diviseur.</p> <p>Nécessite deux trous supplémentaires pour fixer le brut ébauché sur la table du diviseur.</p> <p>Poids de copeaux important, bloc capable brut (150 mm x 130 mm x 50 mm) 2,7 kg environ, brut avant finition 0,825 kg et pièce finie 0,530 kg, soit environ 80% de copeaux (inacceptable si grande série évidemment).</p>

Quelques remarques à propos du coût de la nouvelle solution, que beaucoup de candidats ont estimée trop élevé par rapport à la solution initiale :

1 - Le coût d'usinage d'une pièce est directement proportionnel au temps que cette pièce passe dans l'atelier d'usinage, il n'est pas forcément lié à la complexité des formes. En l'occurrence sur cette pièce les programmes d'usinage sont très simples (un seul programme pour contourner les chapes et des opérations axiales basiques :

perçage, alésage, taraudage), Les machines à commande numérique et leur environnement (outils, attachements, bancs de préréglage, M.M.T., informatique de programmation ...) ont remplacé depuis longtemps et définitivement les machines conventionnelles dans tous les ateliers d'usinage qui produisent des pièces de qualité. En première approximation un coût de l'ordre de 1,5 € par minute est tout à fait réaliste pour ce genre de machine, et le temps de finition d'une telle pièce sur une machine actuelle (changement d'outils et évolutions table rapides) ne dépassera pas 10 minutes...

2 - Le coût matière de cette pièce, compte tenu de la taille initiale du bloc de duralumin, est de l'ordre de 70 €, en prenant une nuance de qualité spéciale Aéronautique à usinage amélioré.

3 - La disparition de la possibilité de régler la position relative des deux glissières est un faux argument puisque cette possibilité n'existe pas au départ. La position relative des deux glissières est le résultat de l'empilage de précision de toutes les pièces du « puzzle » initial. La fusion de toutes les fonctions sur la même pièce est la meilleure solution pour garantir l'orthogonalité des deux glissières.

4 - La « non modularité » du nouveau palier imposant le remplacement d'une pièce coûteuse en cas d'usure n'est pas recevable. Il n'y a aucun contact glissant sur aucune des surfaces de cette pièce (les galets ne la touchent que par leurs bagues intérieures) donc l'usure éventuelle de la machine à mesurer ne se situe pas sur cette pièce ! En cas d'avarie grave (choc, cataclysme...) il n'est pas plus choquant de procéder au remplacement de tout le palier intermédiaire, que de changer le calculateur d'injection d'un moteur automobile moderne lorsque l'un de ses composants élémentaires à « claqué ».

5 - Le « grand nombre de phases d'usinage » de la nouvelle pièce se limite à trois : deux phases d'ébauche (car on ne peut pas tout faire en un seul posage) et une phase de finition, à comparer au nombre cumulé de toutes celles nécessaires pour l'ensemble des pièces initiales.

La possibilité, de visser directement le bloc brut sur la table ou sur une rehausse intermédiaire, permet généralement d'usiner un maximum de surfaces dans la même phase.

Q37 : A l'aide des silhouettes fournies pour le nouveau palier intermédiaire (document 15), montrer que pour cette pièce particulière il est possible d'utiliser la face 1 comme face de posage unique.

Préciser sur chaque figure :

- les axes X,Y,Z de la machine-outil (l'axe Z étant l'axe de la broche) ;
- l'orientation de la pièce par rapport à la broche (valeurs des angles B et U) ;
- la liste des surfaces réalisées (les repérer par coloriage et/ou surlignage).

La face 1 est terminée après la phase d'ébauche et toutes les autres surfaces se trouvent du même côté par rapport à 1. La modification de la position de l'alésage de fixation du tube anti-roulis et des deux trous taraudés M4 des deux vis de pression qui assurent son maintien permet de prendre cette surface comme face de posage sur une réhausse. A partir de là on peut présenter perpendiculairement à l'axe Z de la machine toutes les autres faces en utilisant les deux rotations U et B.

La qualité du résultat en terme de position relative des axes fabriqués est liée à la maîtrise des différents maillons de la chaîne caractéristique de mise en position du point générateur

de chaque outil dans l'espace de la pièce. Parmi ces maillons deux sont essentiels, la position de l'axe de rotation de la table et celle de l'axe de rotation du diviseur dans le repère machine.

Les figures suivantes donnent une vue d'ensemble du porte pièce, et les neuf orientations nécessaires pour effectuer toutes les opérations de finition du nouveau palier intermédiaire. Chacune de ces figures est vue depuis la broche de la machine (axe Z normal au plan de la vue), les surfaces usinées pour l'orientation correspondante sont représentées en trait fort. Les valeurs des angles B (rotation de la table) et U (rotation du diviseur) sont comptées positivement dans le repère X,Y,Z lié à la machine en considérant que c'est la broche qui se déplace pour arriver à la position correspondante.

Orientation $B = 0, U = 0$

Finition des formes de liaison avec la platine :

- surfaçage finition du plan d'appui,
- alésage des logements des deux pions de positionnement,
- taraudage des deux trous de fixation.

Alésage des axes d'articulation des galets d'appui de chaque module.

Orientation $B = -90, U = 0$

Contournage de la chape porte-galets située côté avant.

Alésage du logement du tube anti-roulis.

Orientation $B = 90, U = 0$

Contournage de la chape porte-galets opposée.

Orientation $B = 90, U = -90$

Contournage de la chape porte-galets du palier inférieur.

Lamage du logement du ressort inférieur d'équilibrage de l'axe Z'.

Orientation $B = -90, U = -90$

Contournage de la chape porte-galets du palier supérieur.

Lamage du logement du ressort supérieur d'équilibrage de l'axe Z'.

Taraudage des deux trous de blocage du tube anti-roulis dont la position doit être changée sinon ils sont inaccessibles avec ce posage.

Orientation $B = 45, U = -90$

Alésage des axes des galets obliques des chapes avant et arrière.

Orientation $B = -45, U = -90$

Alésage des axes des deux autres galets obliques des chapes avant et arrière.

Orientation $B = 45, U = 0$

Alésage des axes des galets obliques des chapes inférieures et supérieures.

Orientation $B = -45, U = 0$

Alésage des axes des deux autres galets obliques des chapes inférieures et supérieures.

Les opérations de contournage des chapes

Q38 : Sur le document réponse DR1, représenter aux instruments ou à main levée, par des croquis perspectifs et/ou des schémas et/ou un dessin d'ensemble à l'échelle 1, une solution technologique de la nouvelle tête de mesure en X avec tous ses composants.

On devra y définir sans ambiguïté :

- *la liaison du support avant avec l'axe horizontal ;*
- *le sous ensemble fonctionnel assurant l'appui bilatéral (sans jeu) avec le tube de guidage ;*
- *le dispositif de réglage d'orientation (rotation autour de l'axe des X) ;*
- *les nouvelles formes de l'écrou du dispositif de motorisation et sa liaison avec le support avant ;*
- *la liaison entre la tête de lecture et le support avant.*

Si la solution ne comporte pas de dessin à l'échelle 1, il est exigé de fournir sur les croquis :

- *les géométries de référence (points, axes, plans) permettant de structurer le traitement de l'ensemble (composants et assemblages) avec un outil CAO ;*
- *le paramétrage fonctionnel des différentes pièces.*

Dans tous les cas les pièces et les sous-ensembles fonctionnels seront repérés par leur désignation, la structure du montage sera décrite sous la forme d'un graphe d'assemblage hiérarchisé.

La modification demandée vise à améliorer le comportement de l'ensemble de palpation en réduisant la complexité. La solution technique associée à cette modification doit être réalisée en réutilisant au maximum les éléments de la solution précédente qui donnaient satisfaction. Seuls l'écrou et le support avant sont à redéfinir, avec des formes usinables facilement.

Le nouvel écrou étant en appui ponctuel de normale parallèle à la vis, doit être arrêté en rotation par rapport à la platine qui tient lieu de bâti pour l'ensemble de palpation. Ceci impose de prévoir un doigt qui coulisse dans une rainure fraisée dans la platine et une chape usinée dans la masse de l'écrou pour y monter le galet d'appui de l'écrou sur le support avant (*on exige un appui ponctuel unilatéral sans frottement de normale parallèle à l'axe de palpation*)

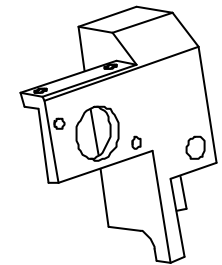
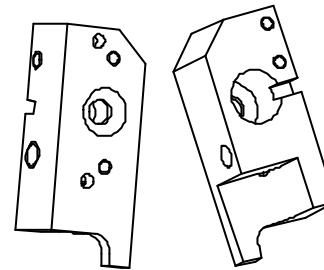
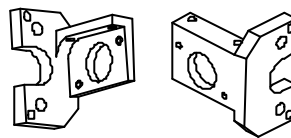
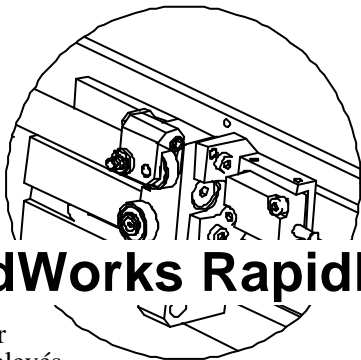
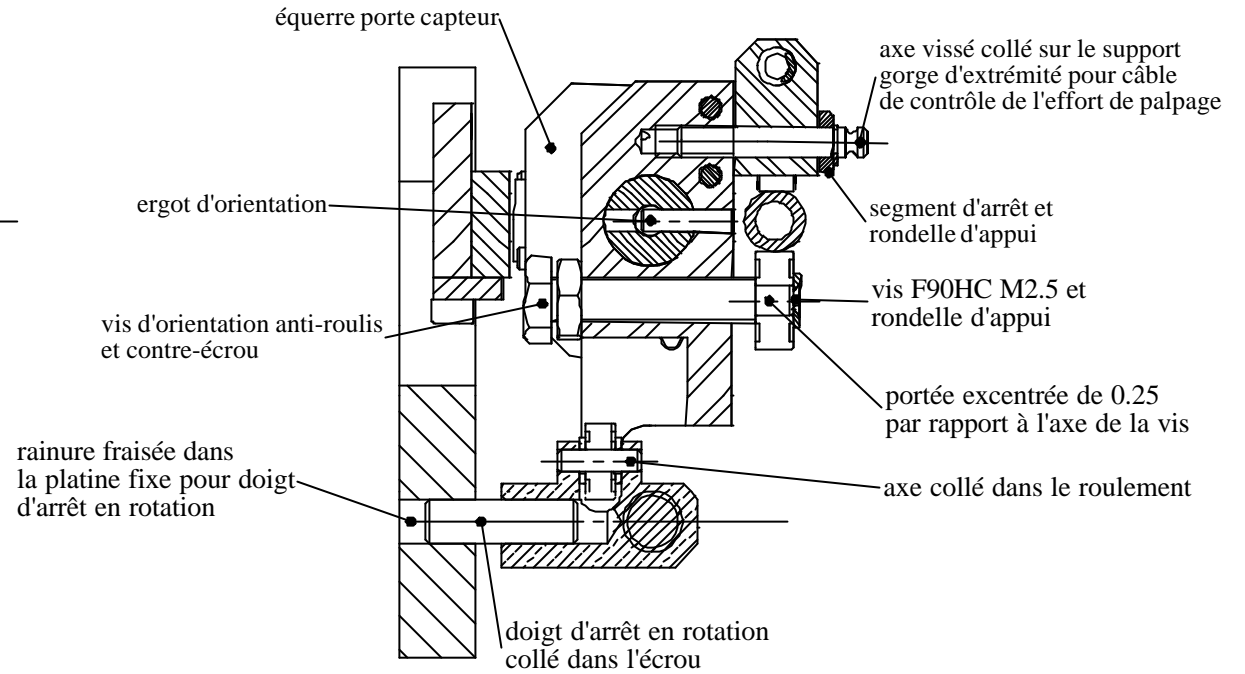
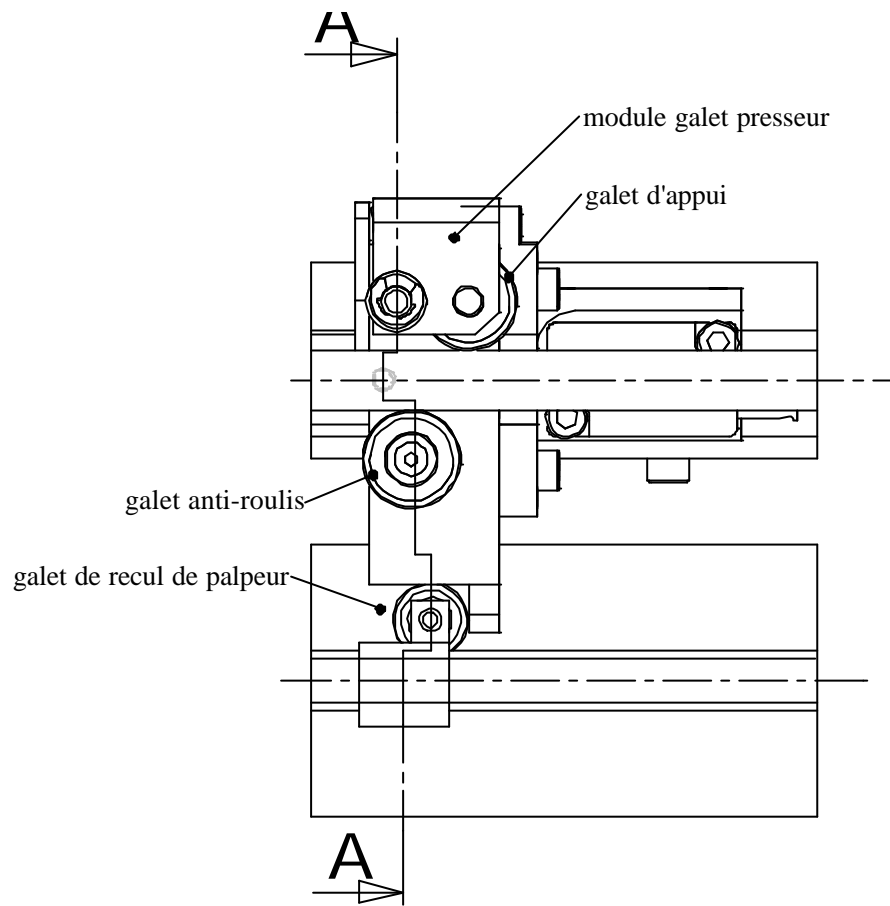
L'appui roulant bilatéral du support avec le tube de guidage se fait simplement avec un roulement monté sur un axe excentrique qui permettra de régler son « roulis » au montage. Pour maintenir le contact sur le tube de guidage il suffit de réutiliser le galet d'appui des modules à galets.

La tête de lecture doit être encastrée sur le support avant par appui plan et vissage. Il faut la situer en face de la règle et ne pas gêner le passage des connexions.

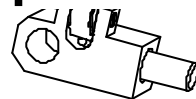
L'application d'un effort de palpation constant sur toute la course de palpation se fait très simplement avec un contre-poids de masse bien choisie, dont le câble est accroché à l'extrémité de l'axe du galet anti-roulis et passe sur une poulie de renvoi fixée au palier intermédiaire.

Le support avant sert de bâti reliant tous ces éléments et doit être encastré sur l'axe horizontal. Comme il doit être orienté autour de l'axe horizontal on peut reprendre la structure d'encastrement du porte palpeur sur l'axe horizontal.

Seuls trois candidats ont pensé à l'arrêt en rotation du nouvel écrou...



SolidWorks RapidDraft - L'impression n'est pas synchronisée



question 38

Eléments de solution

Certains candidats qui ont estimé à la question 36 que l'usinage avec une machine à commande numérique augmentait le coût d'une pièce, ont proposé un encastrement du support avant sur la tige de palpation à l'aide d'un profil « polygon » conique !!! (du même type que les attachements d'outils « Capto » de Sandvik ®).

40% des candidats ont rendu copie blanche pour la partie expression graphique d'une solution technique. Le sujet était long certes, mais il s'agit d'un concours d'agrégation destiné à recruter des enseignants de sciences de l'ingénieur dont certains seront amenés à former des techniciens, techniciens supérieurs et ingénieurs en conception des produits industriels. Cette activité est fondamentale dans la pratique pédagogique quotidienne de ces enseignants. Son efficacité repose sur une culture minimale des solutions techniques de base actuelles.

L'indigence des solutions produites par la majorité des candidats concernant :

- les choix et l'organisation spatiale des fonctions techniques,
- le choix des composants et leur implantation,
- la définition explicite de formes réalisables,
- l'utilisation des outils de la communication technique (graphes, schémas, perspectives, vues géométrales, coupes, vues partielles de détails, etc...).

est inadmissible à ce niveau.