

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

Maintenance des Equipements Industriels

Épreuve : E1- Épreuve Scientifique et Technique

Sous-épreuve E11 (unité11): Analyse et exploitation de données techniques

Durée : 4 heures
Coefficient : 3

Cette sous-épreuve a pour support un bien ou un sous-système industriel pluritechnologique et son environnement, caractérisés par une problématique de maintenance.

Elle permet de vérifier que le candidat a acquis tout ou partie des compétences suivantes :

- Analyser le fonctionnement et l'organisation d'un système.
- Analyser les solutions mécaniques réalisant les fonctions opératives .

Les supports retenus sont liés à la spécificité maintenance des équipements industriels

Ce sujet comporte : 21. pages

- Dossier Présentation (DP)..... feuilles 1/2 et 2/2
- Dossier Technique (DT)feuilles 1/4 à 4/4
- Dossier Questions Réponses (DQR) (à rendre par le candidat) feuilles 1/15 à 15/15

Le Dossier Questions Réponses (DQR) est à rendre impérativement, même s'il n'a pas été complété par le candidat. Il ne portera pas l'identité du candidat. Il sera agrafé à une copie d'examen par le surveillant.

Matériel autorisé :

- Aide-mémoire du dessinateur
- Matériel de dessin technique
- Calculatrice scientifique de poche à fonctionnement autonome, sans imprimante et sans aucun moyen de transmission, à l'exclusion de tout autre élément matériel ou documentaire.
(circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999 ; B.O.E.N. n° 42)

0806 - MEI ST 11

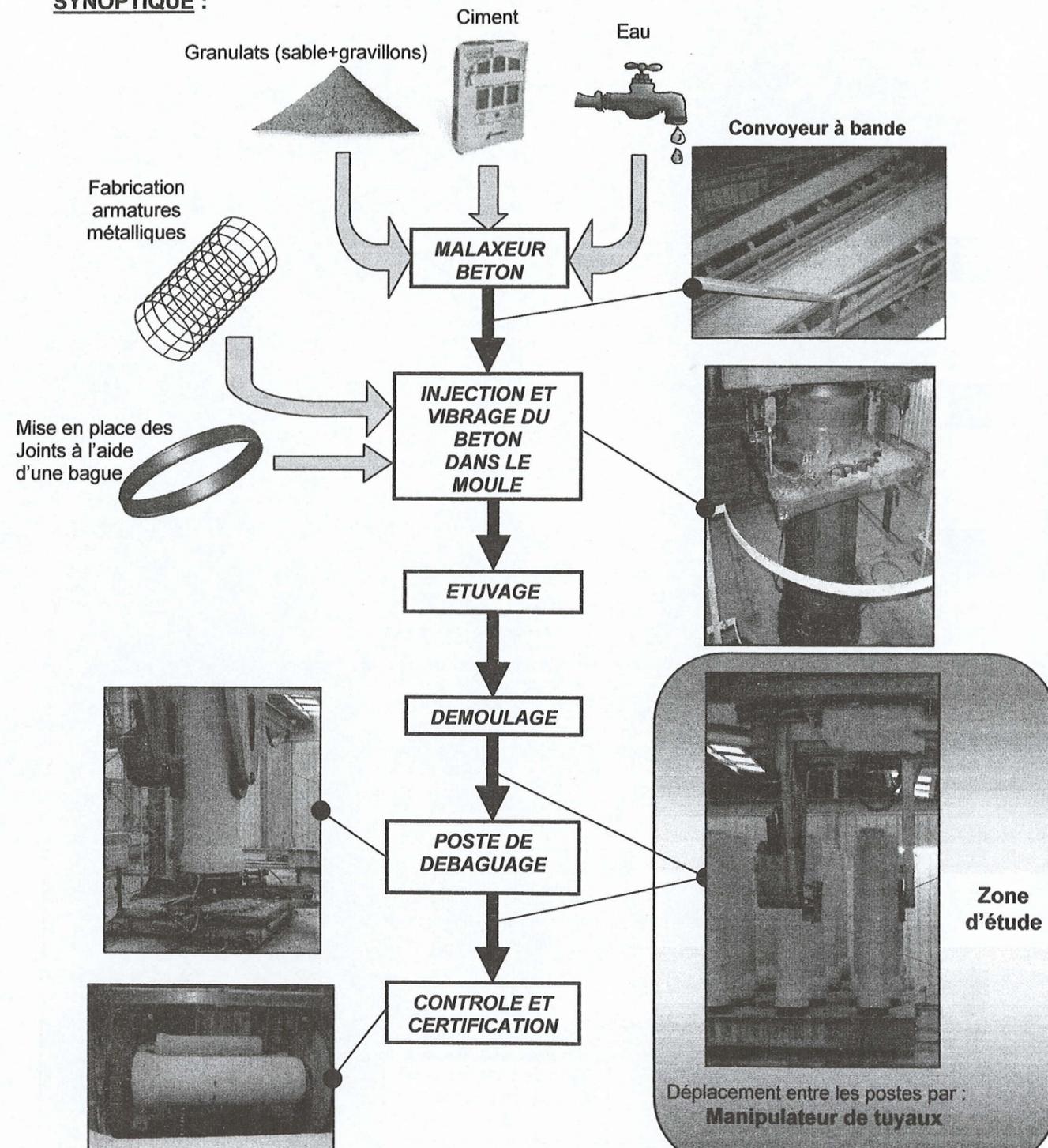
PRESENTATION DE LA LIGNE DE FABRICATION DES TUYAUX EN BETON ARMES :

Dans une entreprise de fabrication de produits en béton armé, les tuyaux sont réalisés par une chaîne automatisée permettant : le malaxage des matières premières, le convoyage, l'injection du béton dans des moules, le vibrage (mise en forme du béton), l'étuvage, le démoulage, le débagueage et le contrôle de conformité avant stockage. Le **manipulateur de tuyaux** permet le transport des tuyaux entre les différents postes automatisés.

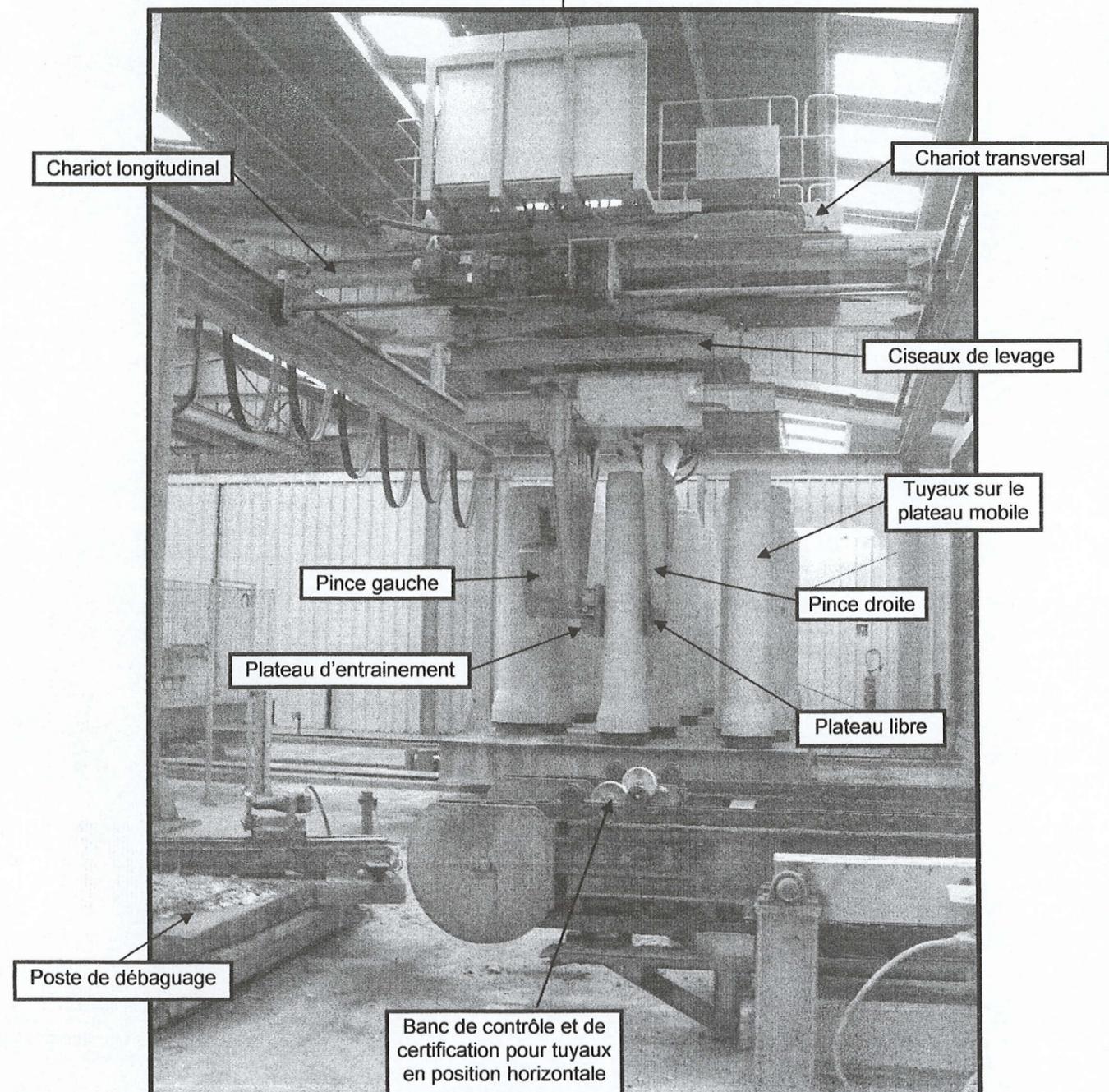
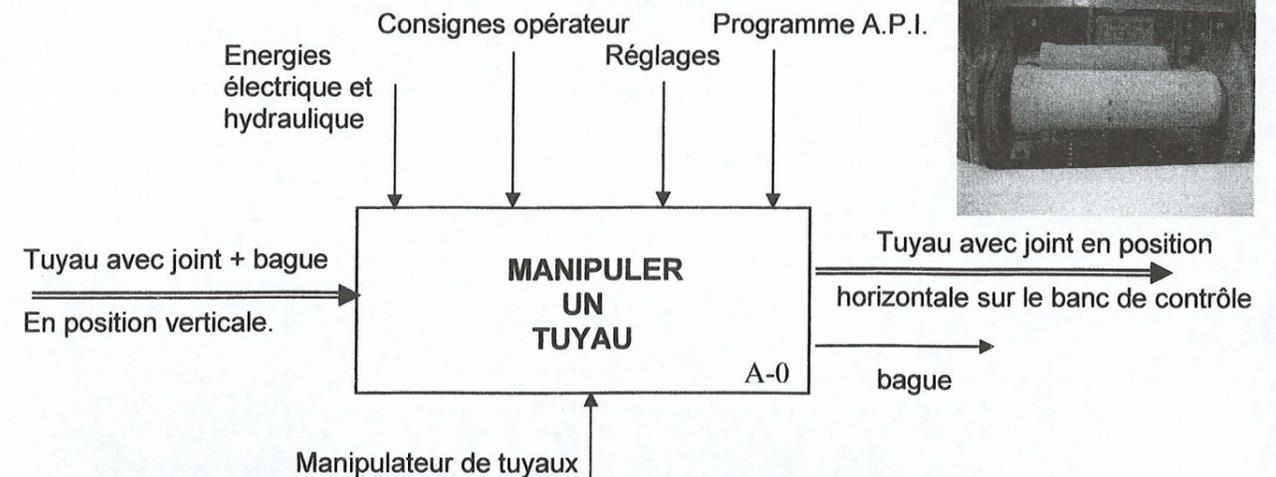
Les caractéristiques des tuyaux à fabriquer sont les suivantes :

- Diamètre Extérieur = 300 à 1200 mm
- Longueur = 2500 mm
- Masse = 4,5 tonnes maximum

SYNOPTIQUE :



PRESENTATION DU MANIPULATEUR DE TUYAUX :



• **PROBLEMATIQUE GENERALE DU MANIPULATEUR DE TUYAU :**

Pour respecter le cahier des charges d'une nouvelle commande de tuyaux, le service de maintenance doit vérifier l'aptitude du système actuel à résister aux nouvelles contraintes, et éventuellement à modifier des éléments mécaniques.

Cette nouvelle commande de tuyaux présente les caractéristiques suivantes :

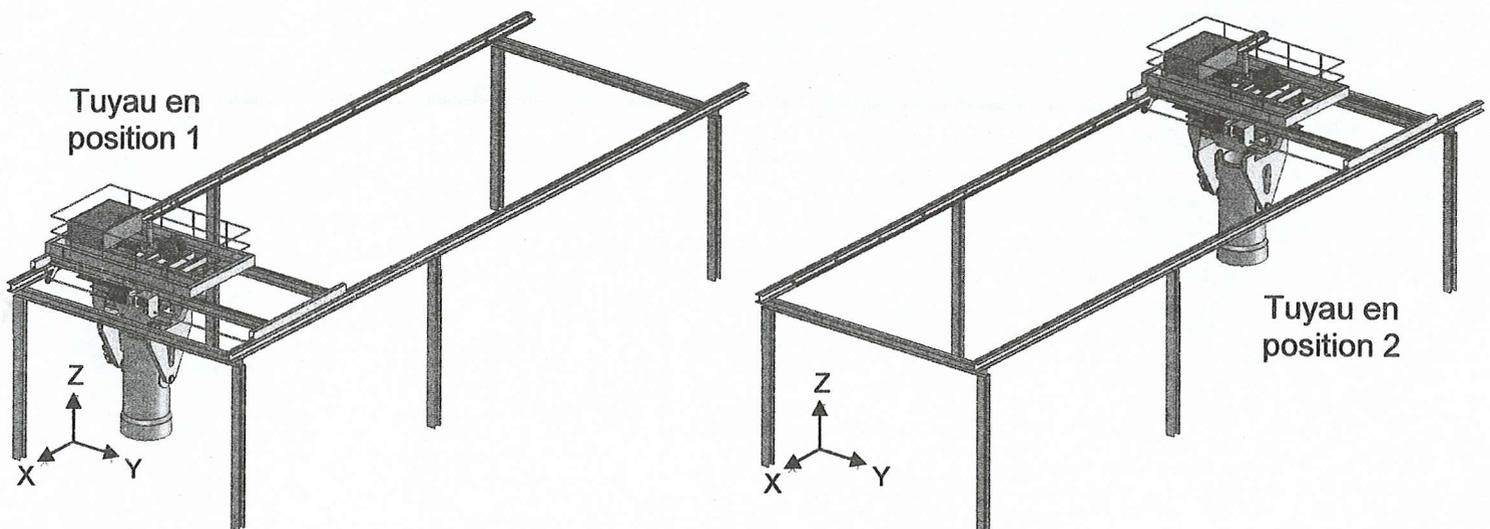
- Diamètre extérieur = dimensions inchangées (1200 mm)
- Longueur = 3000 mm
- Masse = 5 tonnes

Il est demandé aux candidats d'analyser le système en répondant aux questions Q1, Q2, Q3.

Q1	Analyse fonctionnelle	DT 1/4 et 4/4 DP 1/2 et 2/2	Temps conseillé : 10 min
-----------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------

Q 1.1 : Identifier la fonction globale de ce système ?

Q 1.2 : Les deux images ci-dessous montrent l'effet d'une des fonctions élémentaires du manipulateur de tuyaux. A l'aide du diagramme FAST, répondre aux questions suivantes :

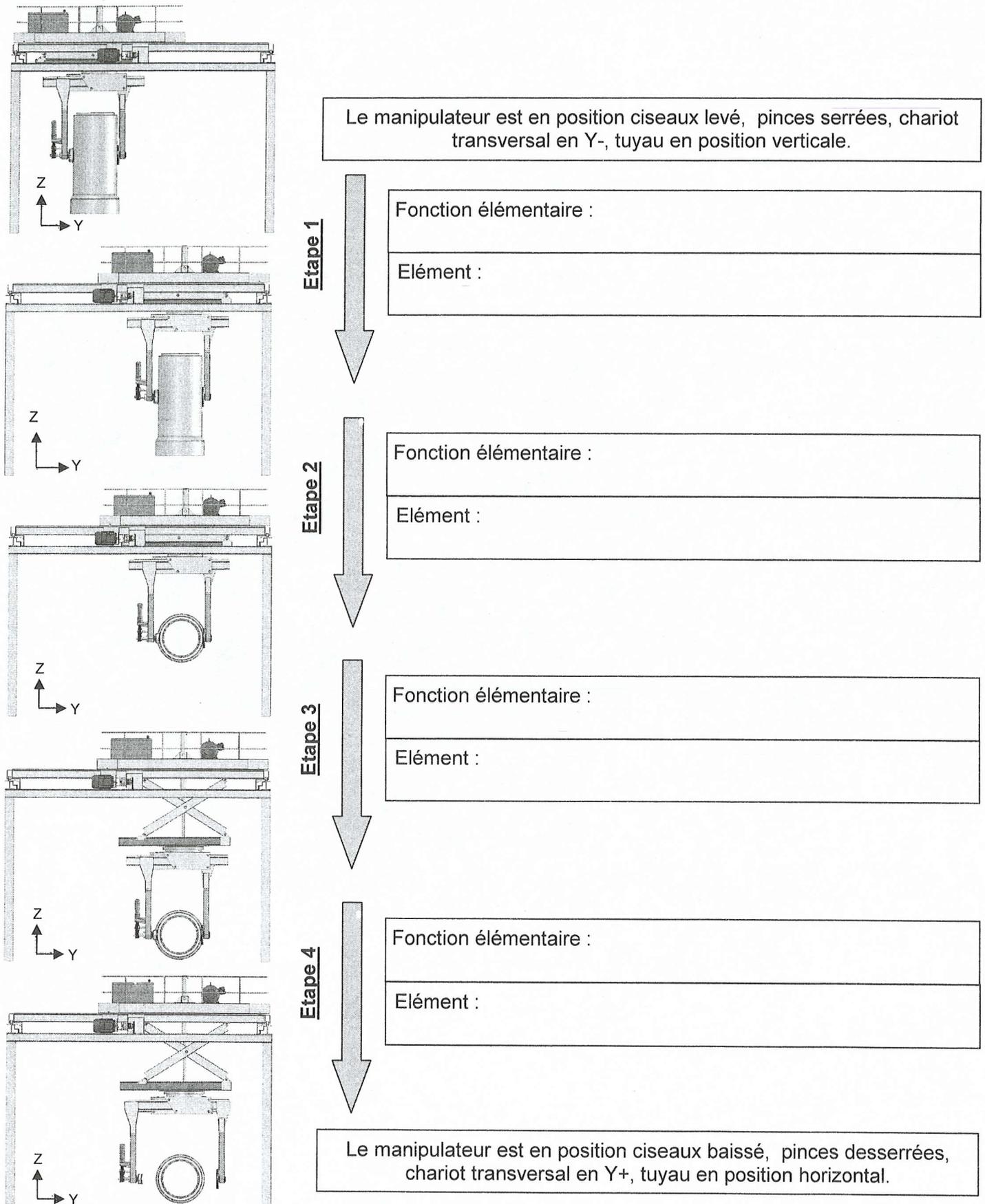


a) Sur quel axe s'effectue le déplacement en translation du tuyau ? _____

b) A l'aide du FAST, compléter le tableau suivant :

DEPLACER UN TUYAU LONGITUDINALEMENT	FONCTION NIVEAU 2	SOLUTION TECHNIQUE
	Transformer une énergie électrique en énergie mécanique de rotation	
	Transformer un mouvement de rotation en translation suivant X	
		Système Rail/roue

Q 1.3 : Indiquer à l'aide du diagramme FAST les fonctions élémentaires ainsi que les éléments permettant de passer d'une étape à une autre.



Q 1.4 : Expliquer pour quelle raison les tuyaux doivent ils arriver en position horizontale ?

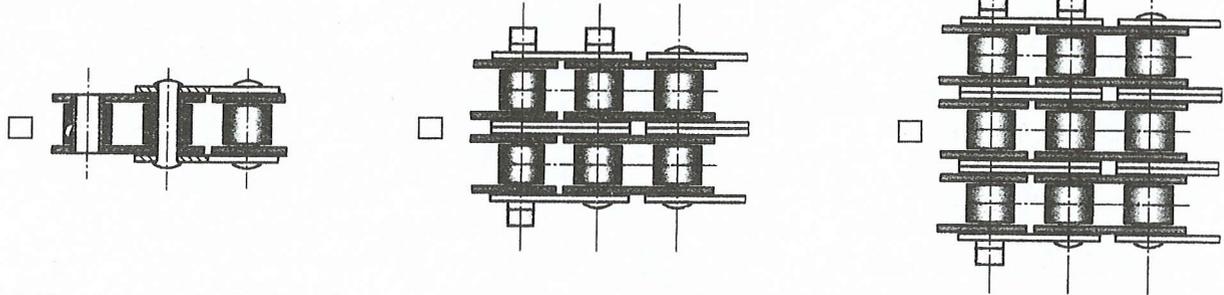
EPREUVE E1-U11	DOSSIER QUESTIONS REPONSES	DQR 3 / 15
----------------	----------------------------	------------

Q2	Analyse structurelle de la fonction « Pivoter un tuyau »	DT 2/4, 3/4, 4/4	Temps conseillé : 15 min
----	--	------------------	--------------------------

Q 2.1 : Sélectionner la solution technique permettant de transmettre le mouvement de rotation à l'arbre 15.

- Poulie courroie
- Engrenage
- Pignon chaîne

Q 2.2 : Cocher le type de chaîne qui équipe ce manipulateur de tuyau.



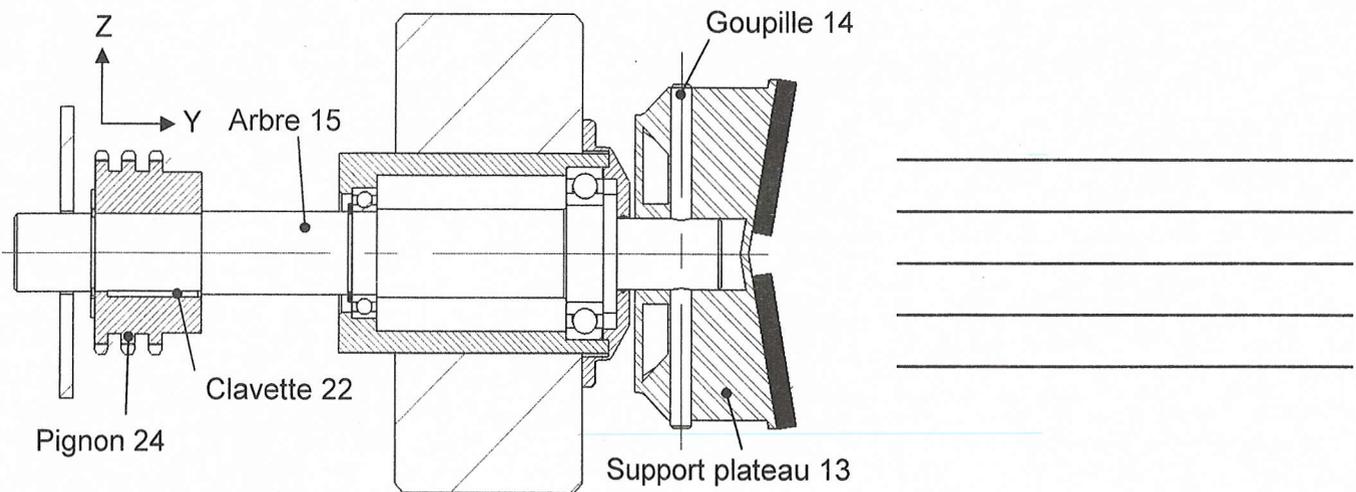
Q 2.3 : Sélectionner la désignation correspondant à une chaîne en acier inoxydable.

- S 185
- C 40
- X 5 Cr Ni Mo 17-12
- 20 Mn Cr5

Q 2.4 : Indiquer si cette chaîne en acier inoxydable nécessite une lubrification.

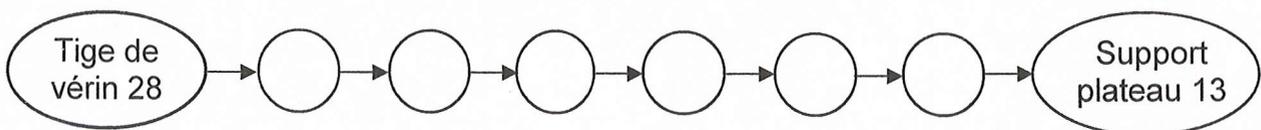
- avec lubrification
- sans lubrification

Q 2.5 : Préciser le rôle de la goupille 14.



Q 2.6 : Identifier la fonction de la clavette 22.

Q 2.7 : Compléter la chaîne de transmission de puissance de la fonction : « PIVOTER un tuyau ».



Remarque : La griffe pour chaîne réalise la jonction entre la tige de vérin et la chaîne.

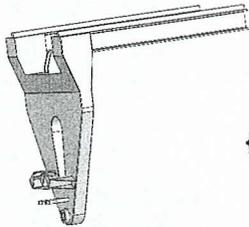
Q3

Analyse cinématique des fonctions « Serrer le tuyau »
et « pivoter le tuyau »

DT 2/4 et 3/4

Temps conseillé : 20 min

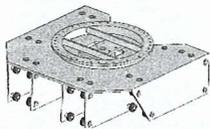
Q 3.1 : Relier par un trait les classes d'équivalences aux groupes de pièces qui les composent.



{A} = { pince gauche }

•

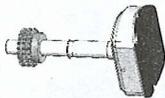
• { 03, 37, 36 }



{B} = { support de pinces }

•

• { 02, 35, 34 }



{C} = { plateau tournant }

•

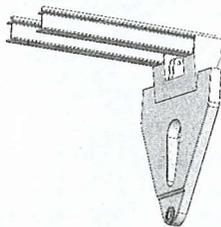
• { 01, 16, 30, 5, 4, 23, 27, 21, 29 }



{D} = { plateau libre }

•

• { 15, 17, 18, 22, 24, 12, 13, 14 }

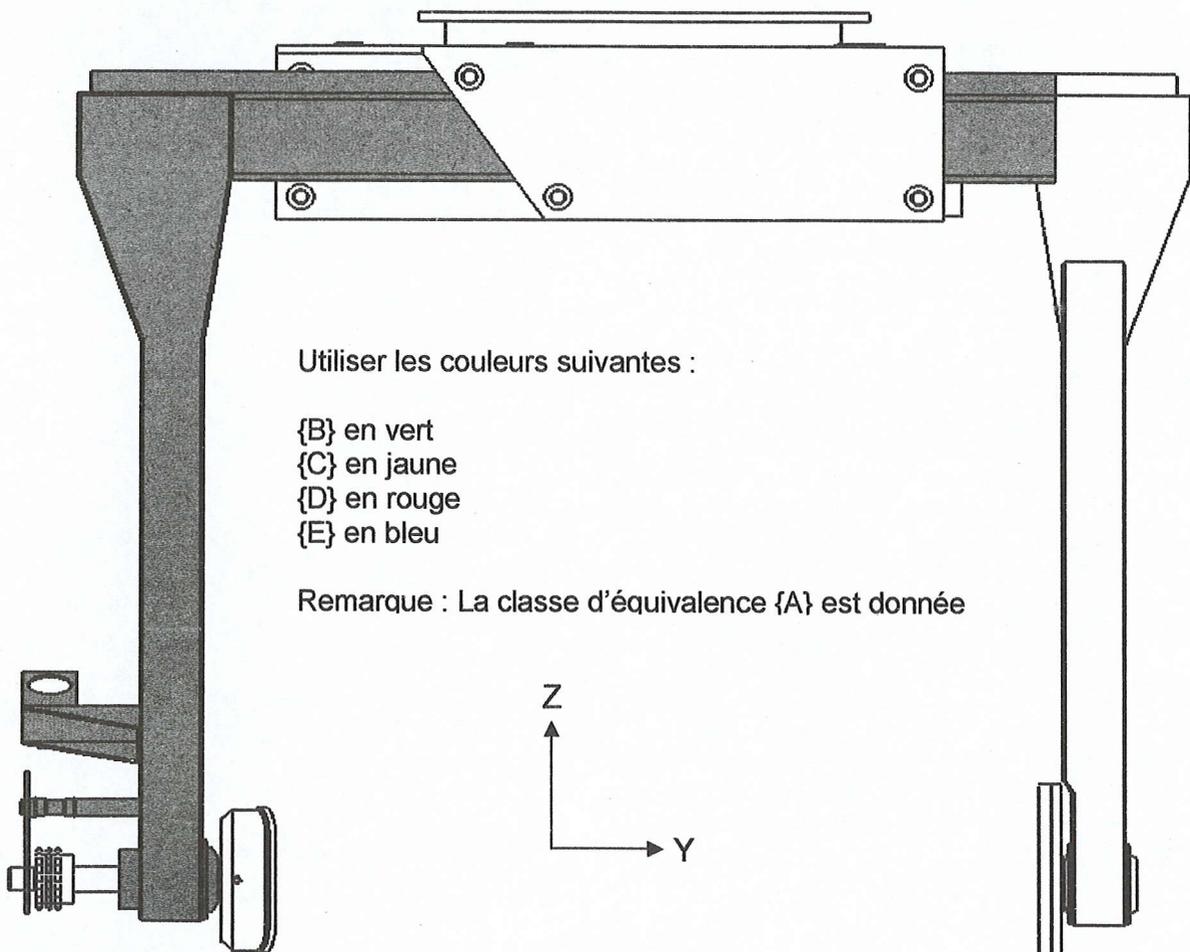


{E} = { pince droite }

•

• { 11, 19, 20, 31, 10 }

Q 3.2: Colorier sur le schéma ci dessous les classes d'équivalence {A}, {B}, {D}, {E}.



Utiliser les couleurs suivantes :

{B} en vert

{C} en jaune

{D} en rouge

{E} en bleu

Remarque : La classe d'équivalence {A} est donnée

Q 3.3 : Compléter les tableaux des liaisons cinématiques ci-dessous, et donner le nom ainsi que le symbole de chacune des liaisons :

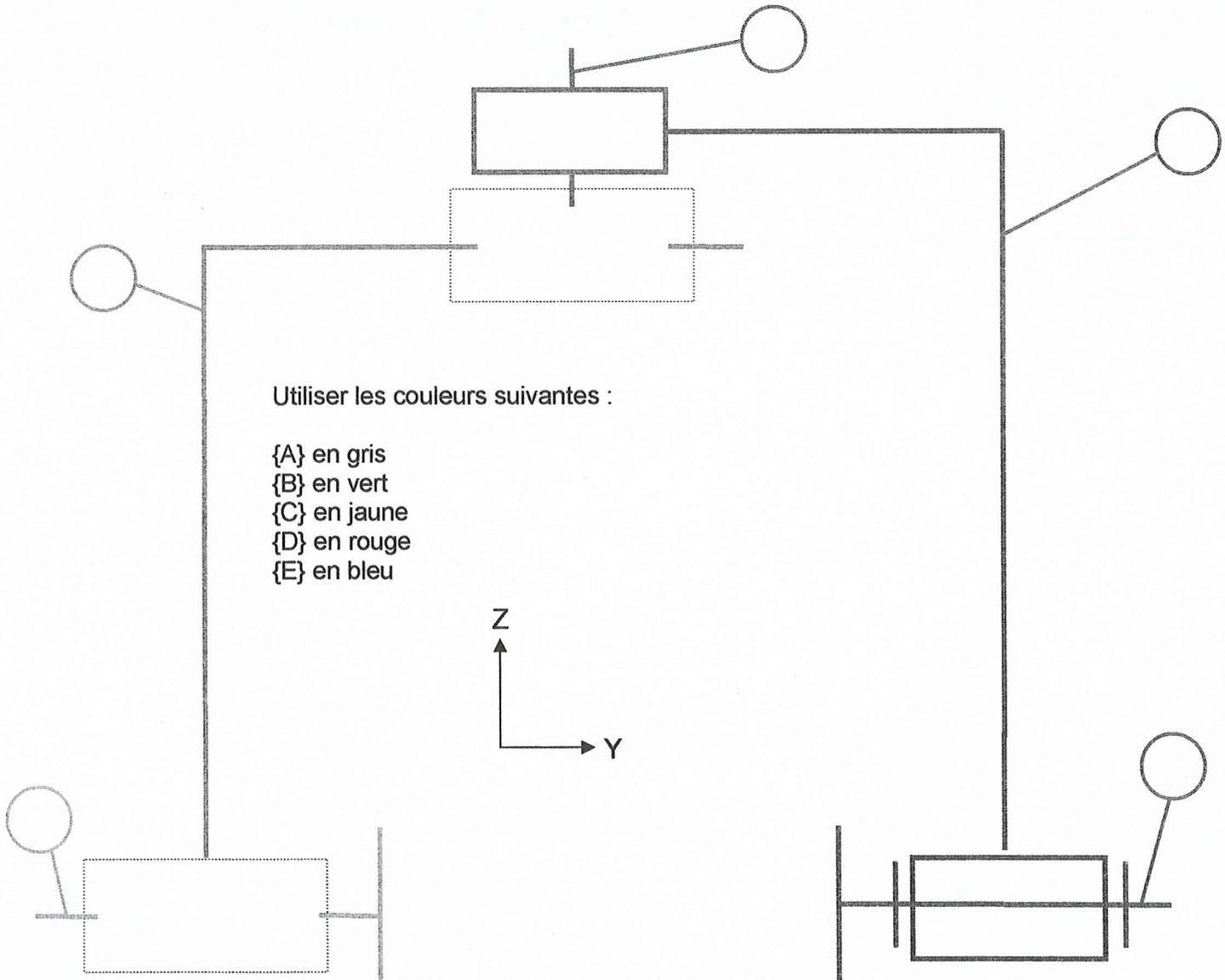
(écrire 1 lorsque le mouvement est possible ,0 lorsqu'il est impossible)

Liaison entre { A } et { B }					
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Nom:					
Symbole:					

Liaison entre { A } et { C }					
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Nom:					
Symbole:					

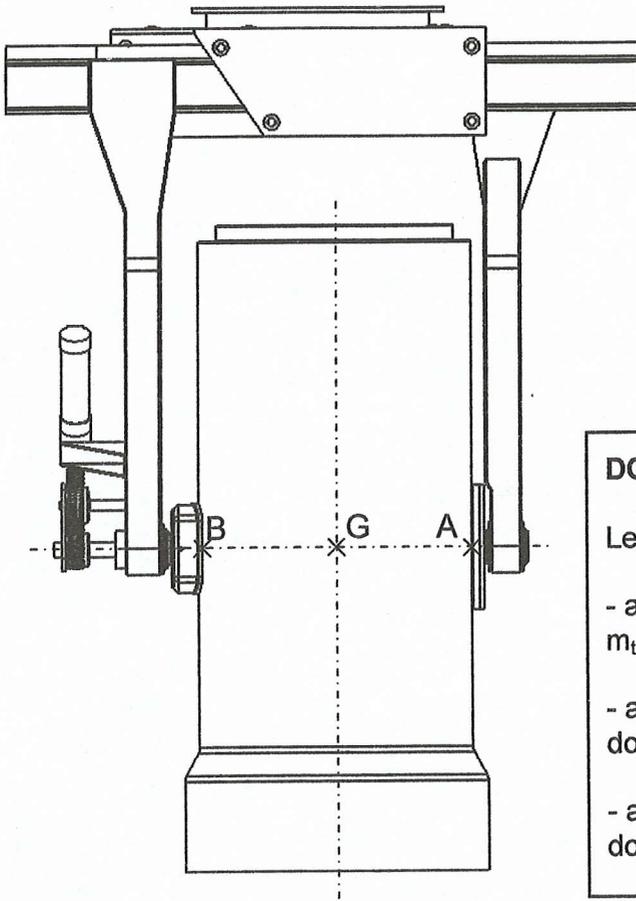
Q 3.4 : A partir du schéma cinématique incomplet ci-dessous :

- a) Identifier les différentes classes d'équivalences en mettant leur noms (A, B, C, D, E) dans les bulles.
- b) Compléter dans les cadres, le schéma avec les liaisons cinématiques trouvées à la question Q 3.3 :
- c) Repasser les classes d'équivalences avec leurs couleurs respectives (Q32).



• Problématique 1 :

Pour respecter le cahier des charges de la nouvelle commande de tuyaux, le service de maintenance doit vérifier l'aptitude de la pince à serrer des tuyaux « plus lourds ».



HYPOTHESE :

On suppose que les actions des deux pinces se situent dans le même plan que l'action du poids du tuyau.

Force de serrage Max du système actuel : 28 kN

On prendra $g = 10 \text{ N/kg}$

$P = m \times g$

DONNEES :

Le tuyau est soumis à 3 actions :

- au point G, le poids du tuyau : P_{tuyau} avec une masse $m_{\text{tuyau}} = 5 \text{ tonnes}$

- au point A, l'action de la pince droite : $F_{\text{pince droite} \rightarrow \text{tuyau}}$ dont la droite d'action fait 40° avec l'horizontale.

- au point B, l'action de la pince gauche : $F_{\text{pince gauche} \rightarrow \text{tuyau}}$ dont la droite d'action fait 40° avec l'horizontale.

Q4	Serrage du tuyau. Calcul de la force nécessaire Pour soulever un tuyau	-	Temps conseillé : 30 min
-----------	---	---	--------------------------

Nous déterminerons dans un premier temps l'action de chacune des pinces sur le tuyau, puis, nous effectuerons le calcul de la force de serrage (\vec{F}_{serrage}) nécessaire exercé par le vérin pour soulever un tuyau de 5 tonnes.

Q 4.1 : Compléter le tableau des actions mécaniques.

Action	Point d'application	Droite D'action	sens	Intensité (kN)
\vec{P}_{tuyau}				
$F_{\text{pince droite} \rightarrow \text{tuyau}}$				
$F_{\text{pince gauche} \rightarrow \text{tuyau}}$				

Q 4.2 : Déterminer graphiquement l'intensité des actions : $F_{\text{pince droite} \rightarrow \text{tuyau}}$, $F_{\text{pince gauche} \rightarrow \text{tuyau}}$

Echelle : 1 cm \rightarrow 5 kN



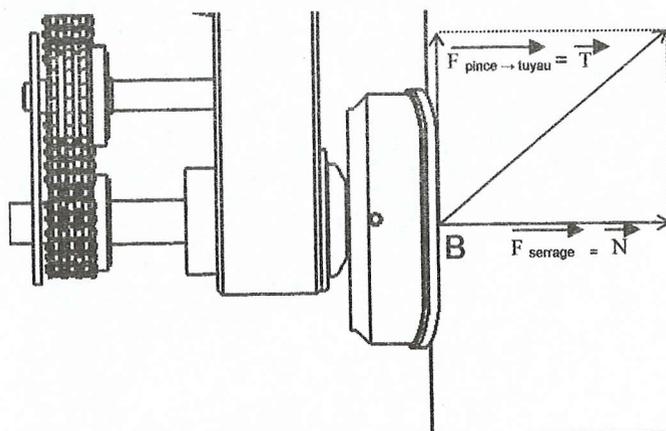
$F_{\text{pince droite} \rightarrow \text{tuyau}} =$	kN
--	----

$F_{\text{pince gauche} \rightarrow \text{tuyau}} =$	kN
--	----

Après étude, l'intensité de l'action que doit exercer la pince gauche sur le tuyau est de $F_{\text{pince gauche} \rightarrow \text{tuyau}} = 40 \text{ kN}$

Q 4.3 : Donner la valeur de l'intensité de F_{serrage} en mesurant sur le triangle des forces ci-dessous :

Echelle : 1 cm \rightarrow 10 kN



$F_{\text{serrage}} =$	kN
------------------------	----

Q 4.4 : Expliquer pour quelle raison l'action $F_{\text{pince gauche} \rightarrow \text{tuyau}}$ n'est pas normal à la surface en contact du plateau :

Q 4.5 : Comparer votre résultat à la force de serrage max du système qui est actuellement de : 28 kN, que va t'il de se passer ?

- Problématique 2 :

Les études menées par le service de maintenance montrent que les vérins de serrage ne satisfont pas aux conditions normales pour assurer le pincement d'un tuyau de 5 tonnes.

Il leur est demandé de vérifier des solutions simples proposées par le bureau d'étude qui n'amènent pas de modifications importantes sur le mécanisme :

Les solutions proposées par le bureau d'étude sont :

Solution N°1 : Modification de la pression d'alimentation des vérins de serrage.

Solution N°2 : Changement des plateaux de serrage

Q5	Serrage du tuyau. Etude des modifications	DT	Temps conseillé : 15 min
----	---	----	--------------------------

Etude de la solution N°1 :

Sachant que la force de serrage (F_{serrage}) nécessaire que doit fournir le vérin pour obtenir le pincement du tuyau est de 31kN, on souhaite calculer la pression minimale d'alimentation du vérin qu'il faudrait pour obtenir cette valeur.

DONNEES :

Diamètre du vérin = 65 mm

Formule $p = F/S$

1 bar = 1daN/cm²

Q 5.1 : Calculer la section du piston du vérin.

Section du piston : _____ S = _____ cm²

Q 5.2 : Calculer la pression en bars que l'on doit fournir au vérin pour avoir : $F_{\text{serrage}} = 31 \text{ kN}$

Pression : _____ p = _____ Bars

Q 5.3 : Le circuit hydraulique possède actuellement des limiteurs de pression non tarable (que l'on ne peut régler) dont le déclenchement se fait à 80 bars. **Comparer** votre résultat à la pression de déclenchement des limiteurs de pression en **cochant** la case correcte.

p < 80 bars

p = 80 bars

p > 80 bars

Q 5.4 : Dire si cette solution peut être retenue, justifier.

Etude de la solution N°2 :

Les plateaux de serrage sont actuellement constitués d'un matériau de type CR ayant un coefficient d'adhérence (f) de 0.84 avec le béton.

Le bureau d'étude propose de changer les plateaux de serrage par un matériau ayant un coefficient d'adhérence plus important.

DONNEES :

Effort Normal (N) = $F_{\text{serrage}} = 28 \text{ kN}$

Effort Tangentiel (T) = 25 kN

Formule : $\frac{T}{N} < f$

Q 5.5 : Calculer le coefficient d'adhérence minimum pour obtenir un pincement efficace du tuyau.

Coefficient d'adhérence : _____ f >

Q 5.6 : Parmi les matériaux que propose le bureau d'étude, cocher ceux pouvant être utilisé :

Matériaux	Coefficient d'adhérence avec le béton	Matériaux pouvant être utilisés
PMMA	0.72	
ABS	0.7	
PTFE	0.4	
ACM	0.93	
NBR	0.95	

Q 5.7 : Indiquer de quelle famille sont issus tous les matériaux ci-dessus ? :

• Problématique 3 :

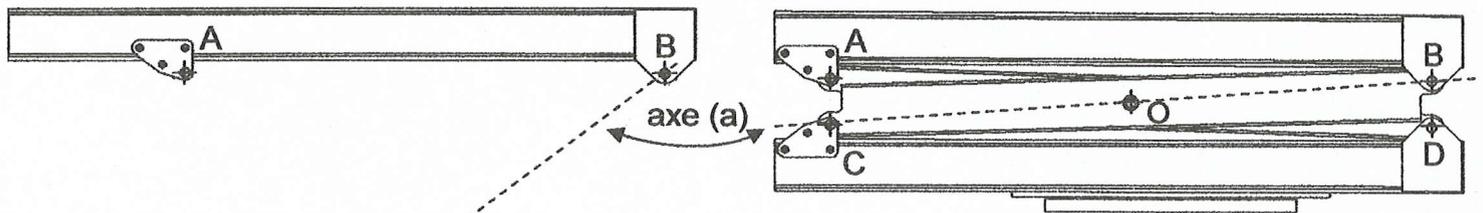
Afin de ne pas créer de couple résistant, la pince de serrage saisit les tuyaux dans l'alignement de leur centre de gravité. Le débattement, ou la course en hauteur doit donc être au moins égale à la moitié de la longueur d'un tuyau.

Les tuyaux passant de 2500 mm à 3000 mm, on vous demande de vérifier que la course des ciseaux de levage soit supérieure à 1500 mm.

Q6	Cinématique Détermination de la course des ciseaux	DT	Temps conseillé : 15 min
-----------	--	----	--------------------------

Q 6.1 : Déterminer sur le schéma de gauche la position des points C, D, O lorsque les ciseaux sont en positions basses.

On précise que : - la distance [AB] est toujours égale à la distance [CD] ;
- L'axe (a), représente l'axe d'une des branches du ciseau [BC].
- Les points B, O, C sont alignés sur l'axe (a).
(inverse)



Echelle : 1 mm → 40 mm

Q 6.2 : Mesurer sur le schéma, puis calculer à l'échelle 1:1 les données suivantes :

Ouverture min (distance [AC] sur le schéma de droite)
Ouverture max (distance [AC] sur le schéma de gauche)

Ouverture min = mm

Ouverture max = mm

Q 6.3 : Déduisez de la question précédente, la course C des ciseaux.

C = Ouverture max – Ouverture min

C = mm

Q 6.4 : La course C des ciseaux est elle suffisante pour des tuyaux de 3000 mm de longueur ?

(entourer la bonne réponse)

OUI

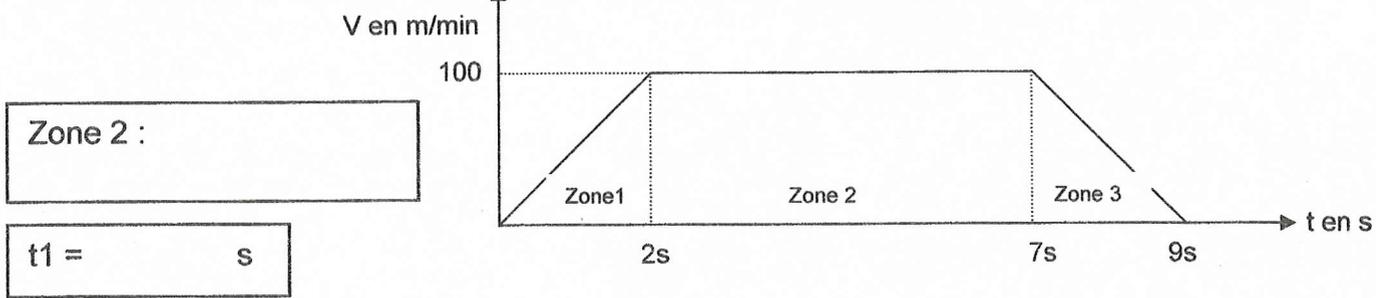
NON

• **Problématique 4 : Vérification d'un temps de cycle, et optimisation**

Les temporisations des graficets ne pouvant excéder 20 secondes, il est nécessaire de vérifier le temps de cycle mis par le manipulateur avec cette nouvelle série de tuyau.

Q7	Détermination des différents temps de cycle	DT 1/4	Temps conseillé : 10 min
-----------	---	--------	--------------------------

Q 7.1 : A partir du diagramme des vitesses ci-dessous du chariot longitudinal. Donner le type de mouvement dans la zone 2 et indiquer le temps total (t1) pour effectuer les 3 mouvements.



Q 7.2 : Calculer à partir de l'équation du mouvement le temps mis par le chariot transversal pour parcourir la longueur total des rails du chariot longitudinal :

$e = v \times t$

t2 = _____

t2 = s

Q 7.3 : Calculer le temps mis par les ciseaux de levage pour passer de la position haute à la position basse.

Course = 1640 mm

V = 15m/min

t3 = _____

t3 = s

Q 7.4 : Calculer le temps mis par le plateau rotatif pour effectuer un renversement (1/4 de tour)

Mouvement rotatif : 15 tours /min

t4 = _____

t4 = s

Q 7.5 : Calculer le temps total d'un cycle

t_{total} = _____

t_{total} = s

Q 7.6 : Préciser si le temps de cycle mis par le manipulateur avec cette nouvelle série de tuyau est correcte ?

Problématique 5 : Vérification de la vitesse du chariot longitudinal.

La mesure du temps de cycle avec cette série de tuyau faisant apparaître un temps total de 20.52 s, on souhaite comparer la vitesse réelle de déplacement du chariot longitudinal à la vitesse annoncée par le constructeur qui est de 100m/min.

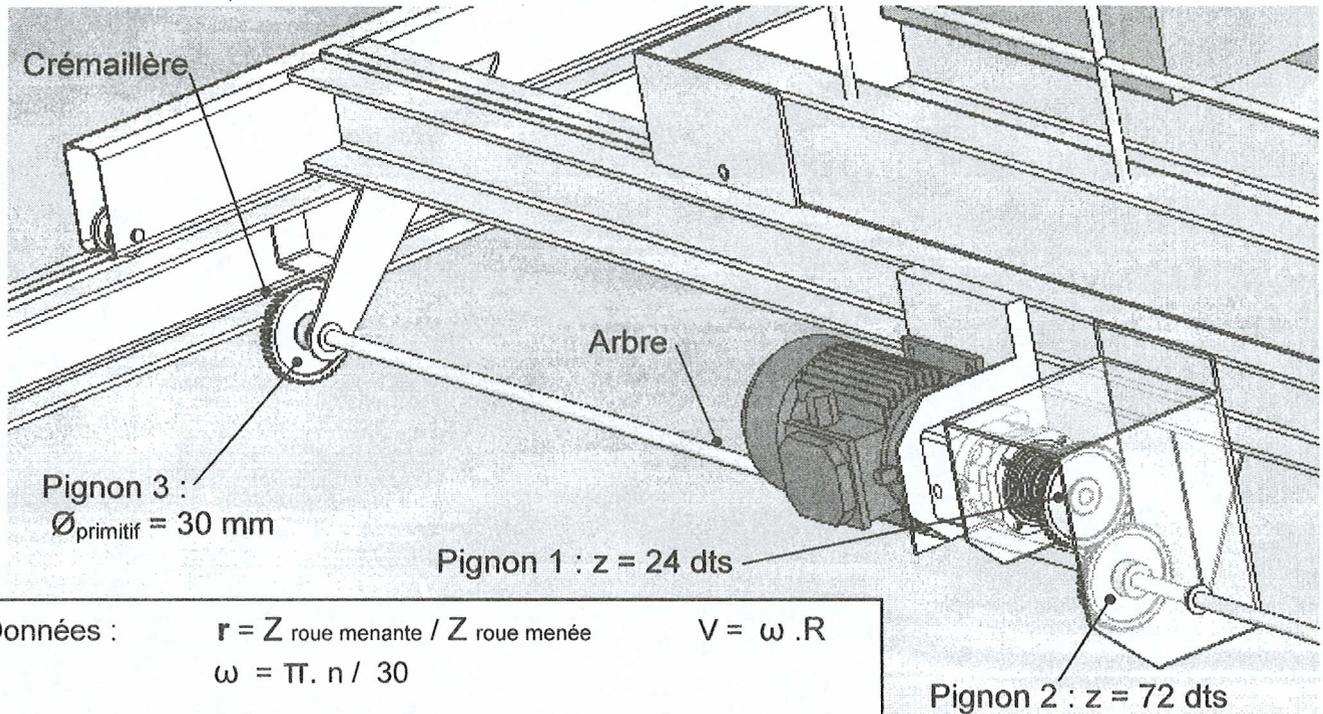
Q8

Calcul de vitesses

DT 1

Temps conseillé : 20 min

Schéma du mécanisme :



Données : $r = Z_{\text{roue menante}} / Z_{\text{roue menée}}$ $V = \omega \cdot R$
 $\omega = \pi \cdot n / 30$

Q 8.1 : Calculer le rapport de réduction de l'engrenage entre le pignon 1 et le pignon 2

Rapport de réduction : _____

r =

Q 8.2 : Calculer la fréquence de rotation de l'arbre puis la vitesse angulaire de l'arbre.

DONNEES : $n_{\text{moteur}} = 3000 \text{ tr/min}$

Fréquence de rotation : _____

n =

tr/min

Vitesse angulaire : _____

 $\omega =$

rad/s

Q 8.3 : Calculer la vitesse linéaire du sous ensemble crémaillère-roue dentée en m/min :

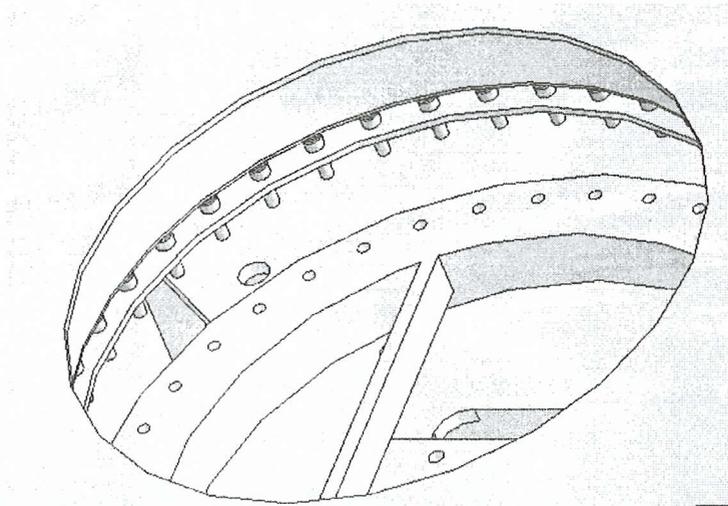
Vitesse linéaire : _____

V =

m/s

Q 8.4 : Comparer la vitesse trouvée à celle donnée par le constructeur, **donner** une des solutions possibles à ce problème.

- Problématique 6 :



L'assemblage entre les ciseaux de levage et la pince de serrage est assuré par boulonnage (vis+écrou) au niveau d'une couronne.

Il est demandé de vérifier les vis qui composent cet assemblage.

Données :

Poids du tuyau inchangé = 50 000N

Vis en acier valeur de $R_e = 480$ MPa

Coefficient de sécurité $k = 6$

Nombre de vis : 48

Formules : $\sigma = N / S$, $R_p = R_e / k$

Q9

Résistance des vis

DT 1/4

Temps conseillé : 15 min

Q 9.1 : Donner le type de sollicitation que supporte les vis ?

Q 9.2 : Calculer le poids de l'ensemble pince + tuyaux + plateau de rotation :

P =

Q 9.3 : Calculer la charge N que supporte une vis :

[Hypothèse : le poids de l'ensemble est réparti uniformément sur les vis]

N =

Q 9.4 : Ecrire la condition de résistance :

Q 9.5 : Calculer la section théorique totale d'une vis M8 supportant la sollicitation.

(d théorique = $0.8 D$ nominal)

S théorique totale =

Q 9.6 : Calculer la contrainte dans une vis :

σ =

Q 9.7 : Les vis existantes sont elles conformes ? Justifier.

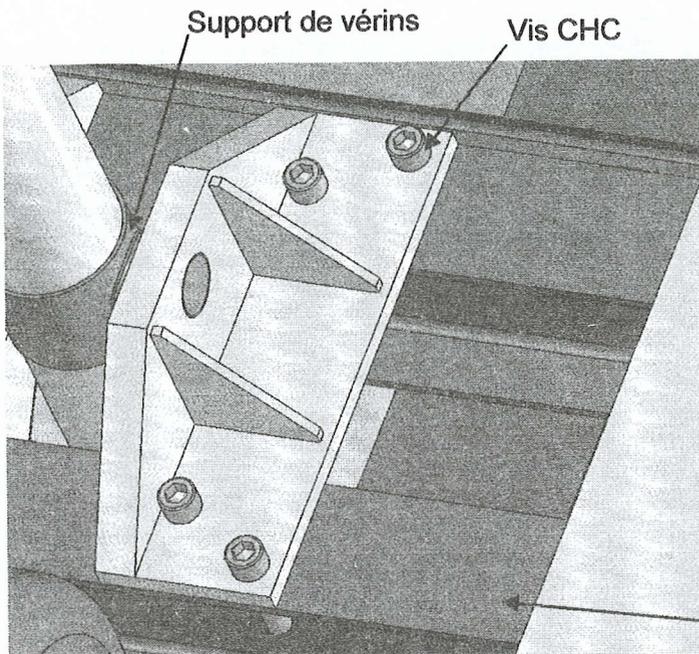
Problématique 7 :

Les équerres de fixation du vérin de levage doivent être changés afin de pouvoir fixer un vérin de dimensions différentes. Le service de maintenance est chargé de réaliser le dessin de définition de cette nouvelle pièce afin de la faire réaliser en mécano-soudé par une société extérieure

Q10

Réalisation de l'équerre de vérin

Temps conseillé : 30 min



A partir de la vue de face complète, sur la feuille DQR 15/15, prise dans le sens horizontal répondre aux questions suivantes :

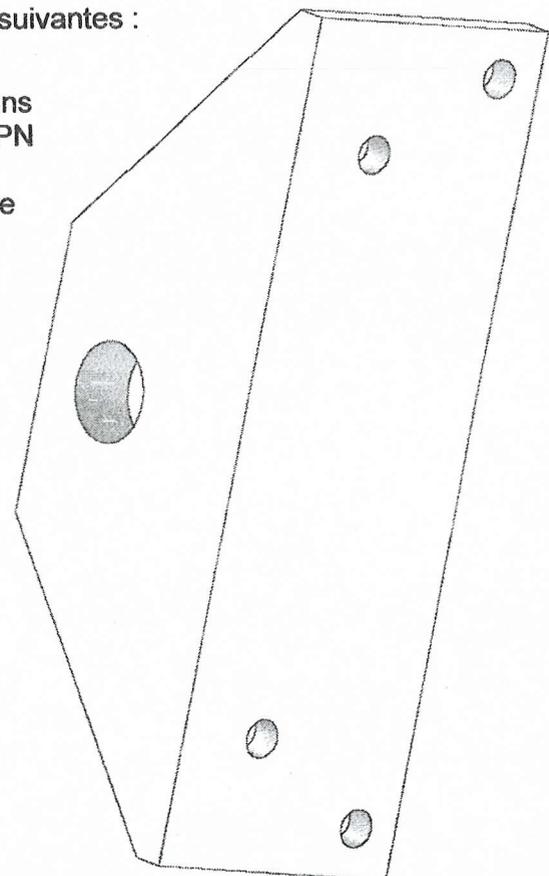
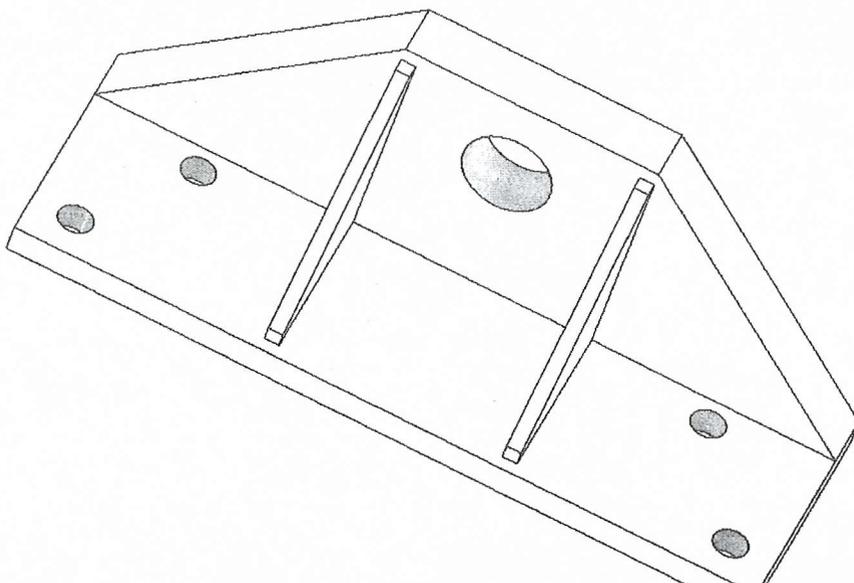
Q 10.1 : Compléter la vue de dessous avec les arêtes cachées.

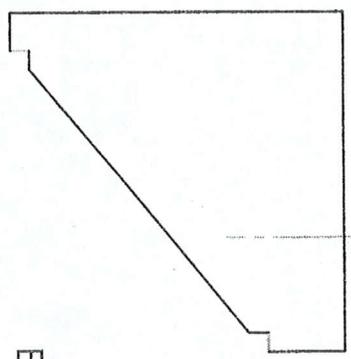
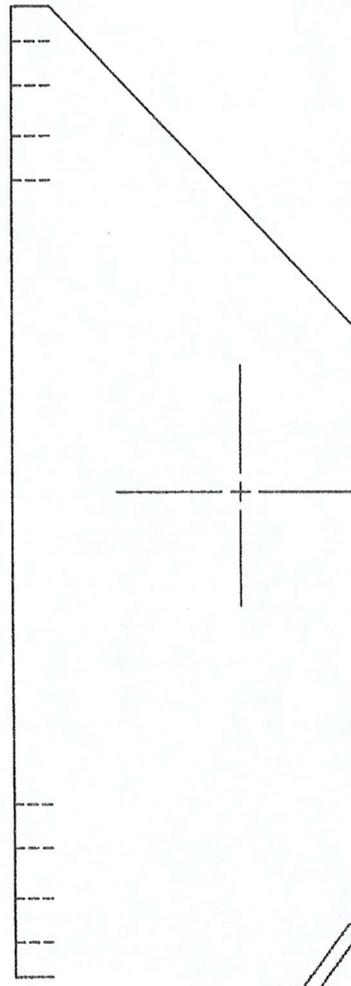
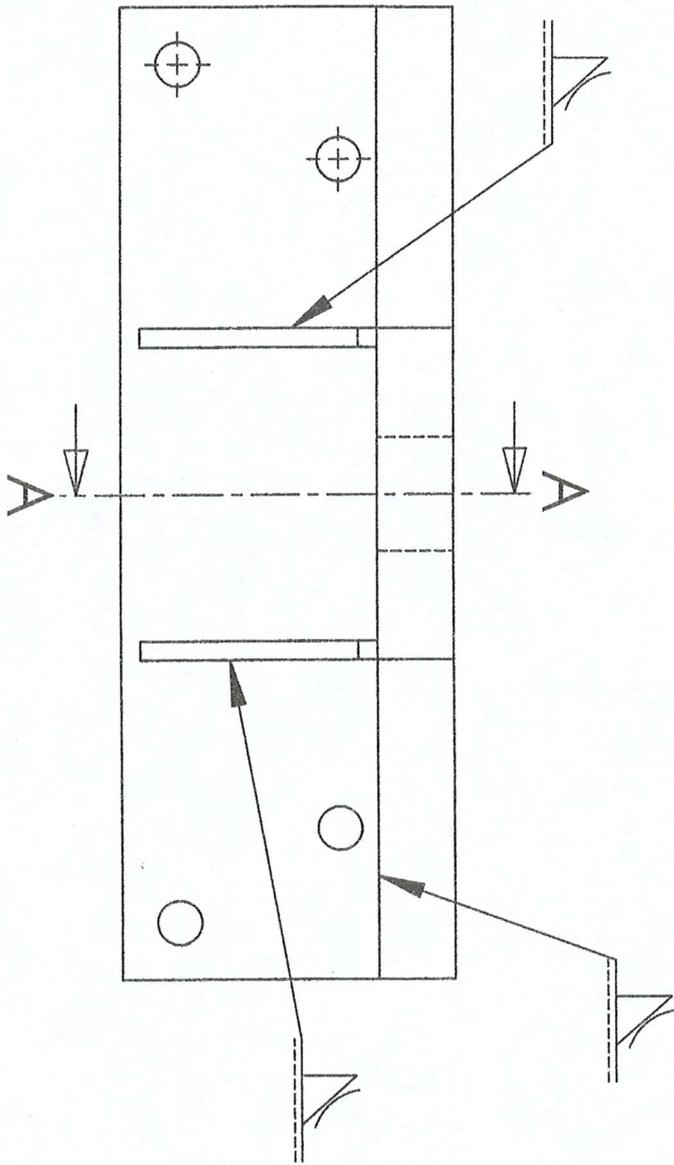
Q 10.2 : Compléter la vue de gauche en coupe A-A

Q 10.3 : Faites apparaître les cotations nécessaires afin de réaliser les perçages des différents trous

Q 10.4 : Colorier sur les vues ci-dessous les surfaces fonctionnelles suivantes :

- En jaune les surface permettant le maintien du support de vérins
- En rouge les surfaces permettant l'appui de l'équerre sur les IPN
- En bleu le passage des vis CHC dans l'équerre de vérins
- En vert les deux éléments qui permettent le renfort de l'équerre





Echelle 1 / 2

