

**SESSION 2020**

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**

**CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN  
MICROTECHNIQUES**

**ÉPREUVE E4**

**CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME  
MICROTECHNIQUE**

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ

MOYENS DE CALCUL AUTORISÉS

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Le sujet comporte 3 dossiers de couleurs différentes :

- **Dossier Technique (DT1 à DT17)**..... **jaune**
- **Travail Demandé (TD1 à TD9)**..... **vert**
- **Documents Réponses (DR1 à DR7)**..... **blanc**

*Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées  
sur les « documents réponses » prévus à cet effet ou sur feuille de copie.*

**Tous les documents réponses même vierges sont à remettre en fin d'épreuve.**

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2020
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	Page de garde

SESSION 2020

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN  
MICROTECHNIQUES

ÉPREUVE E4

CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME  
MICROTECHNIQUE

IMPRIMANTE D'ÉTIQUETTE

DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comporte 17 pages repérées DT1 à DT17.

1- Mise en situation.....	DT2
2- Composition d'une cassette.....	DT2 et DT3
3- Principe d'impression.....	DT4 et DT5
4- Analyse Fonctionnelle imprimante.....	DT6
5- Architecture envisagée pour l'imprimante.....	DT7
6- Diagramme FAST de la fonction principale.....	DT8
7- Schéma de principe du réducteur.....	DT9
8- Documentation moteur pas à pas d'entraînement des rubans.....	DT10
9- Mécanismes de découpe de l'étiquette.....	DT11, DT12 et DT13
10- Documentation moteur à courant continu découpe de l'étiquette.....	DT14
11- Cycle d'impression.....	DT15
12- Documentation Capteur de position.....	DT15
13- Résistances : série E12 et boîtiers CMS.....	DT15
14- Driver de moteur pas à pas BD6380.....	DT16
15- Mesure du courant lors de l'impression d'une étiquette.....	DT17
16- Modélisation du courant lors de l'impression d'une étiquette.....	DT17

## I - Mise en situation

Une société, spécialiste de l'impression, souhaite étoffer sa gamme d'imprimantes d'étiquettes par un produit grand public qui devra s'adapter à l'existant (compatibilité des cartouches à ruban notamment). L'imprimante d'étiquettes, alimentée par secteur ou par piles, devra permettre de créer des étiquettes pour identifier des dossiers, des matériels informatiques ou des fournitures de bureau. Son prix de vente sera inférieur à 100 €.

Elle devra se connecter par port USB à tout matériel informatique standard, éditer et imprimer des étiquettes grâce à un logiciel de création d'étiquettes associé à l'appareil.



Le but de cette étude préliminaire est de concevoir une imprimante permettant de s'adapter à une gamme de largeurs de rubans déjà commercialisés, allant de 3,5 jusqu'à 24 mm.

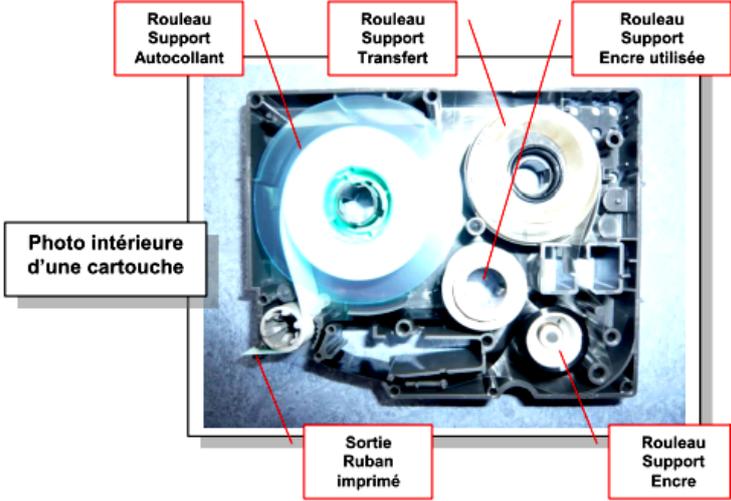
Cette imprimante devra proposer une vitesse d'impression de 30 mm/s et une grande qualité d'impression de documents pour l'archivage.

## 2 - Composition d'une cassette

Une société commercialise déjà des cassettes au format 87x67x28 mm qui correspondent parfaitement aux objectifs visés en termes de durée de vie des étiquettes.



La cassette comporte 4 rouleaux et 3 rubans : (voir schéma en bas de page DT3) :

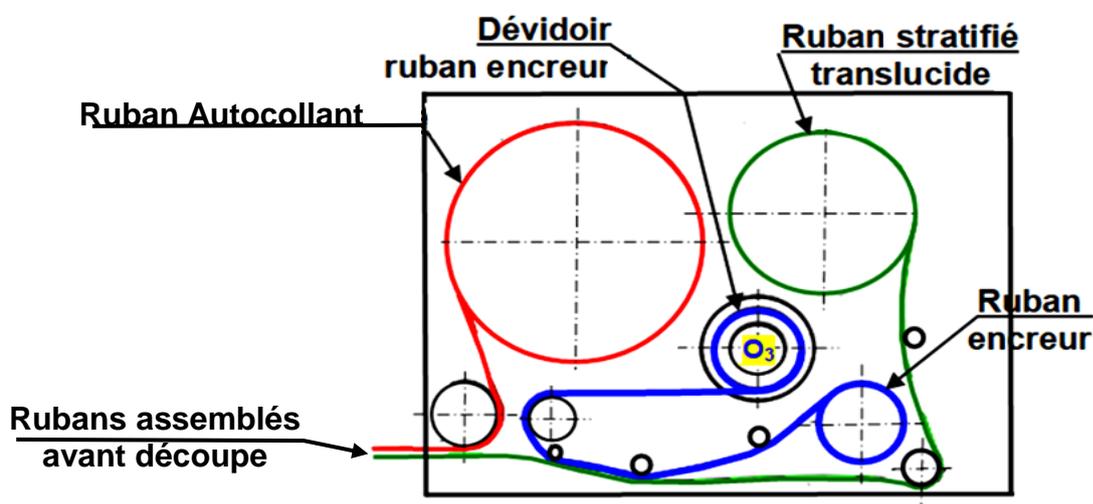
Description des rubans.	Description des rouleaux associés.	
<p><b><u>Ruban autocollant</u></b> Ce ruban est adhésif sur les 2 faces (repéré en rouge au bas de la page DT3). Sur l'une des faces est collé un papier détachable.</p>	<p><b><u>Rouleau Support Autocollant</u></b> Ce rouleau stocke le ruban autocollant.</p>	
<p><b><u>Ruban stratifié translucide</u></b> Ce ruban en PET est stratifié et translucide (repéré en vert au bas de la page DT3). Il sert de support pour imprimer les caractères.</p>	<p><b><u>Rouleau Support Transfert</u></b> Ce rouleau stocke le ruban stratifié et translucide.</p>	
<p><b><u>Ruban encreur</u></b> Ce ruban contient l'encre (repéré en bleu au bas de la page DT3). Une fois usagé, il est stocké dans la cassette.</p>	<p><b><u>Rouleau Support Encre</u></b> Ce rouleau stocke le ruban encreur.</p> <p><b><u>Rouleau Support Encre utilisée</u></b> Ce rouleau stocke le ruban encreur usagé. Il sert de dévidoir.</p>	

Lorsque les 2 rubans autocollant et stratifié sortent assemblés de la cassette, ils sont découpés : l'étiquette est alors prête à l'emploi.

Il ne reste plus qu'à décoller le papier détachable pour pouvoir coller l'étiquette sur le support souhaité.

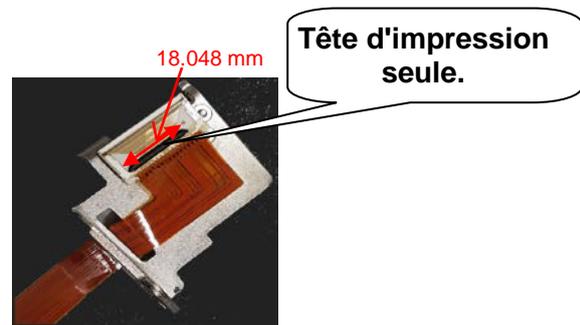
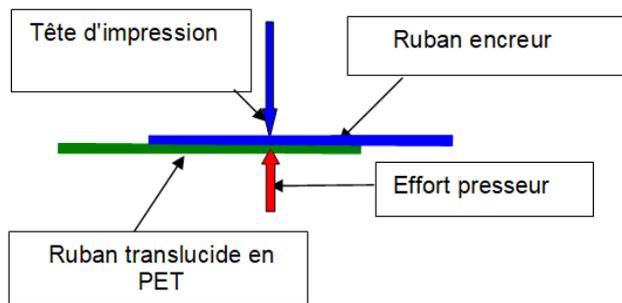


**Représentation schématique d'une cassette.**

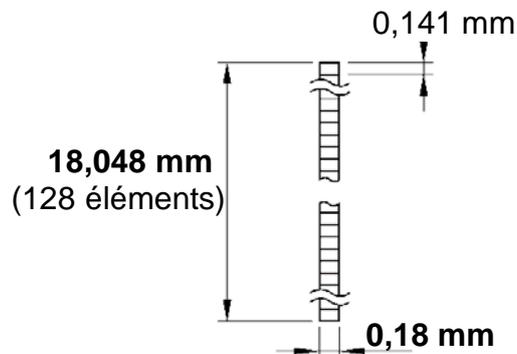


### 3 - Principe d'impression des cassettes

Les 2 rubans, l'un translucide et l'autre encreur, passent sous une tête d'impression, représentée sur la figure ci-contre :



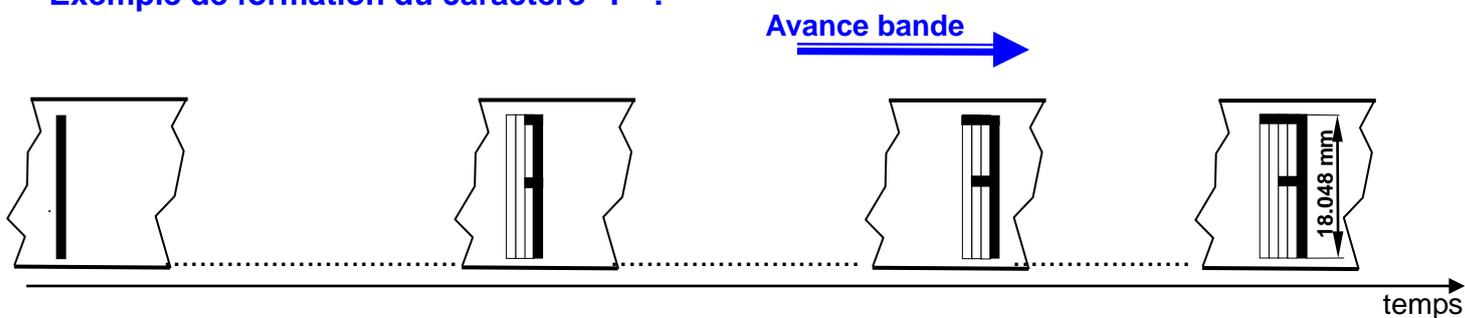
La tête d'impression se compose de 128 éléments de 0,141 mm de hauteur et 0,180 mm de largeur. Si le ou les éléments chauffants sélectionnés génèrent de la chaleur sur le ruban encreur alors l'encre est fondue et transférée sur la bande stratifiée, produisant ainsi une colonne de points sur cette bande.



- Le ruban encreur et le ruban translucide avancent, puis le cycle de chauffage suivant est répété, formant ainsi au fur et à mesure de l'avance du ruban un caractère sur le ruban translucide qui n'est en fait qu'un ensemble de colonnes de points juxtaposées.

- De plus, sur la bande stratifiée translucide, le microprocesseur traite les données d'impression pour générer une image miroir, de sorte que le caractère imprimé puisse être lu normalement lorsqu'il est vu de l'autre côté de la face imprimée de la bande en PET.

#### Exemple de formation du caractère "F" :



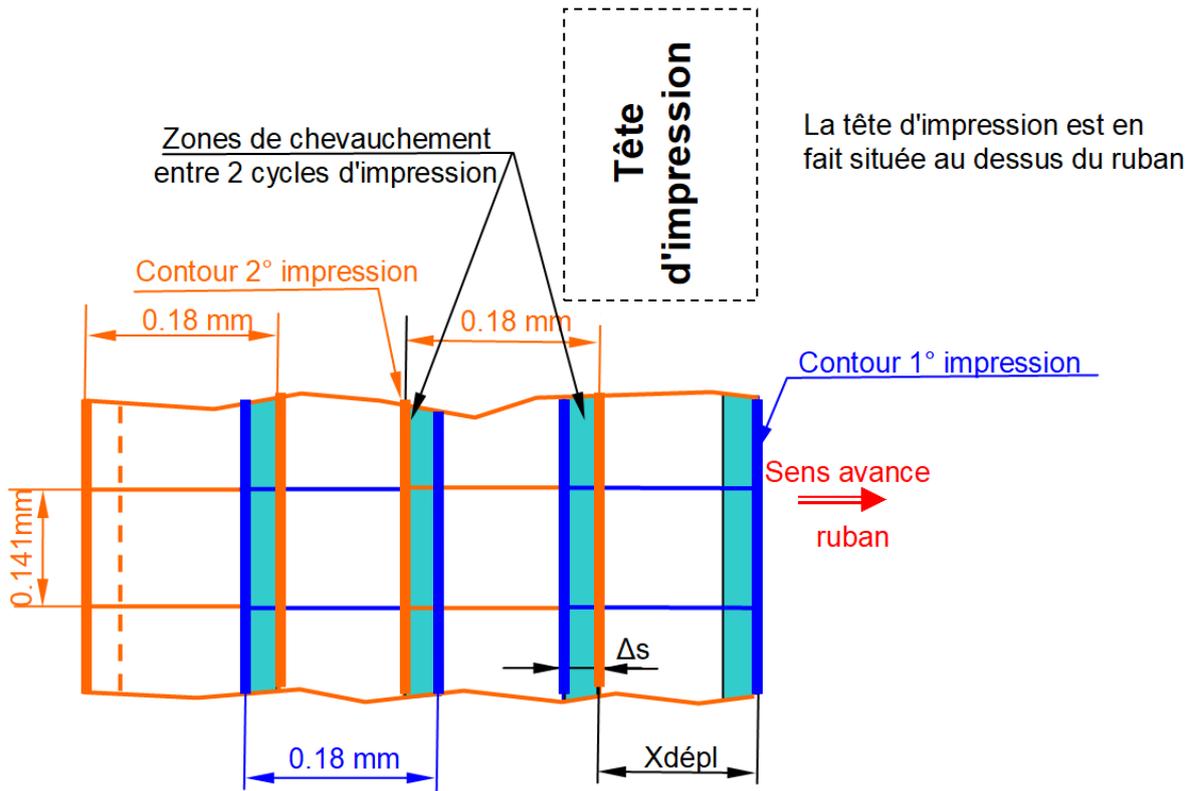
#### Zone couverte par les éléments chauffants

Chaque élément chauffant couvre une zone de forme rectangulaire de 0,18 mm x 0,141 mm de côté.

Pour obtenir une qualité de rendu convenable, sans espace entre les colonnes imprimées adjacentes, le concepteur de la tête impose une zone de chevauchement de 20 % entre 2 cycles de chauffage consécutifs (partie en couleur cyan sur la figure page suivante).

De ce fait, l'avance du moteur à choisir dépend directement de ce paramètre.

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2020
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	DT 4/17

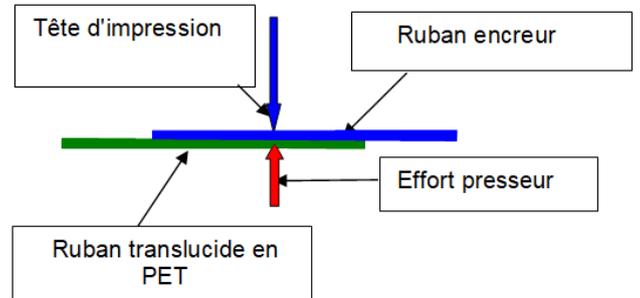


## Phases d'obtention d'une étiquette imprimée.

### Premier temps : phase d'impression :

Dans un premier temps, on exerce un effort presseur contre la tête d'impression au travers des 2 rubans superposés, translucide en PET (vert) qui sert de support d'impression, et du ruban encreur (bleu) comme décrit précédemment.

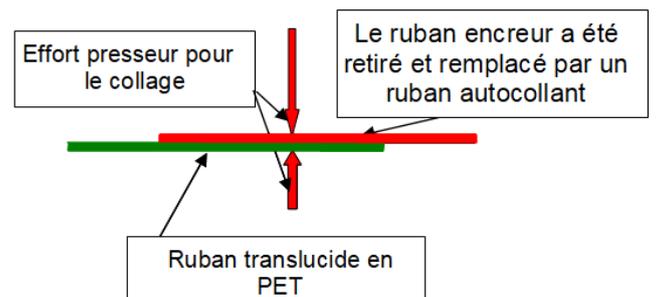
Le ruban encreur est ensuite retiré et s'enroule dans un dévidoir.



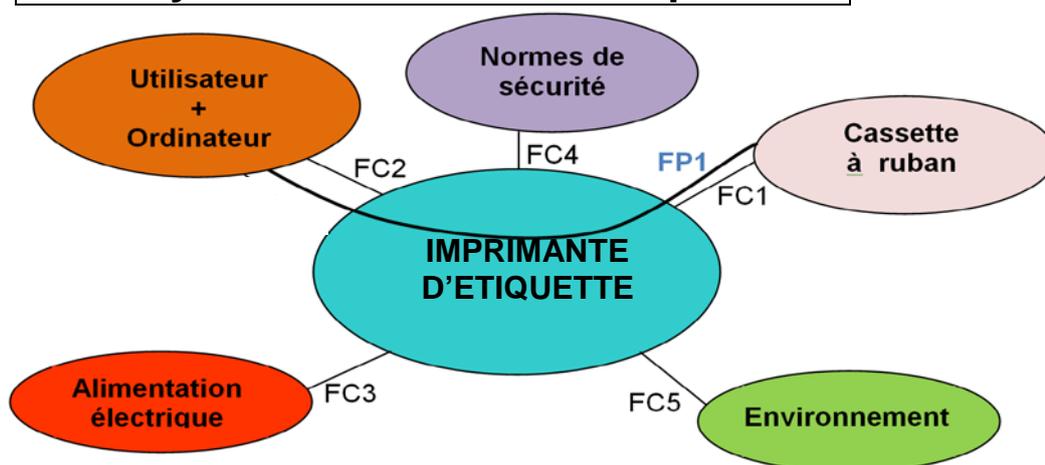
### Deuxième temps : phase de protection des écritures :

Dans un deuxième temps, on rapporte un ruban autocollant (rouge) par pression. L'encre se retrouve ainsi prisonnière entre ces 2 couches protectrices, ce qui permet d'obtenir des impressions résistantes aux effets produits par l'abrasion, la température, les produits chimiques et la lumière, de sorte à assurer une qualité professionnelle d'étiquette.

La lecture des caractères se fait donc bien par transparence de la bande translucide.



## 4 - Analyse fonctionnelle de l'imprimante



### Caractérisation et hiérarchisation des fonctions de service :

Fonctions de service	Critères	Niveau	Flexibilité
<b>FP1 : Imprimer et découper</b> des étiquettes de différentes largeurs et couleurs.	- Largeur des étiquettes :	3.5 mm à 24 mm	F0
	- Vitesse d'impression.	30 mm/s	F2
	- Résolution d'impression.	180 dpi	F0
		<b><u>Découpe étiquette</u></b>	
	- Durée de découpe	2 s maximum	F2
	- Effort de découpe	7N	F2
<b>FC1 : S'adapter</b> aux cassettes existantes	- Dimensions des cassettes	87x67x28 mm	F0
	- Largeur des rubans	3,5 mm à 24 mm	F0
	- Couleur des rubans.	26 couleurs différentes	F0
<b>FC2 : Dialoguer et être compatible</b> avec un ordinateur de bureau.	- Système d'exploitation	Sous Microsoft Windows 7, 8 et 10	
	- Connexion	Port USB 2.0 type Mini B	F0
	- Logiciel	CDROM /DVD-ROM livré avec l'appareil	
<b>FC3 : Etre</b> alimentée en énergie	- Source d'énergie	6 piles AA alcalines ou 6 accus Nimh.	F1
	- Autonomie	3 000 étiquettes de 50 mm minimum	F1
<b>FC4 : Respecter</b> les normes de sécurité.	- Normes électriques		
	- Ne pas blesser l'utilisateur.		F0
<b>FC5 : S'adapter</b> à l'environnement	- Température	de 0 à 40° C	
	- Hygrométrie	80 % max	F2

Critères de flexibilité :

F0 = non négociable  
F3 = négociable

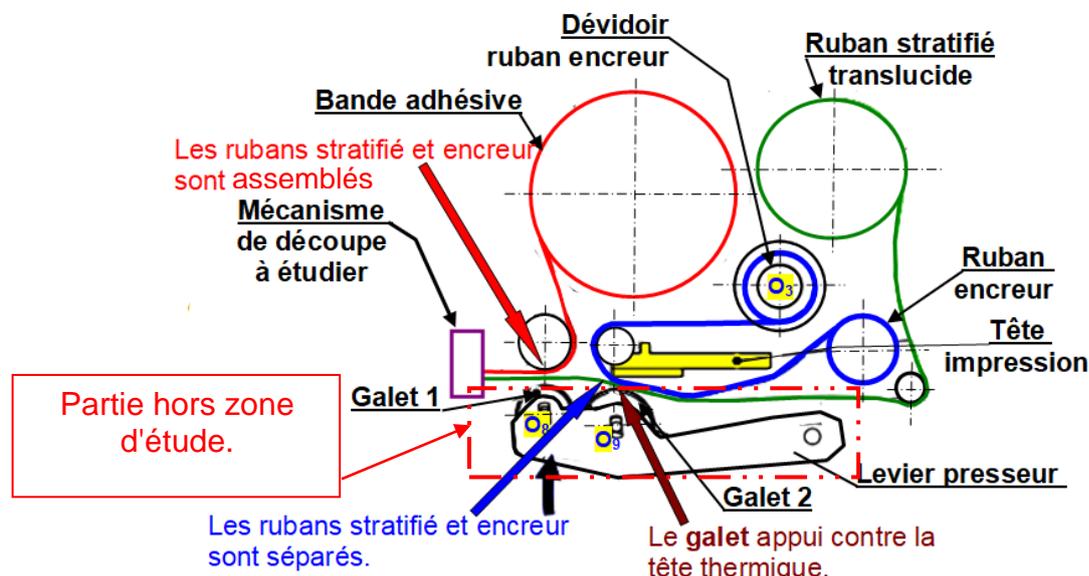
F1 = légèrement négociable  
F4 = assez négociable

F2 = très peu négociable  
F5 = très négociable

## 5 - Architecture envisagée pour l'imprimante

Une première étude a induit les choix suivants. L'appareil sera composé :

- de 2 moteurs : un moteur pour l'impression et un moteur pour la découpe (à chacun d'eux sera associé un réducteur),
- d'un levier presseur équipé de 2 galets 1 et 2. La conception du levier presseur n'est pas l'objet de cette étude.



### Premier temps : mécanisme d'impression.

Le galet 2 appuyant contre la tête d'impression, le ruban translucide et le ruban encreur sont pincés contre la tête d'impression avec une force uniforme (voir flèche marron). L'impression peut alors se faire sur le ruban stratifié translucide.

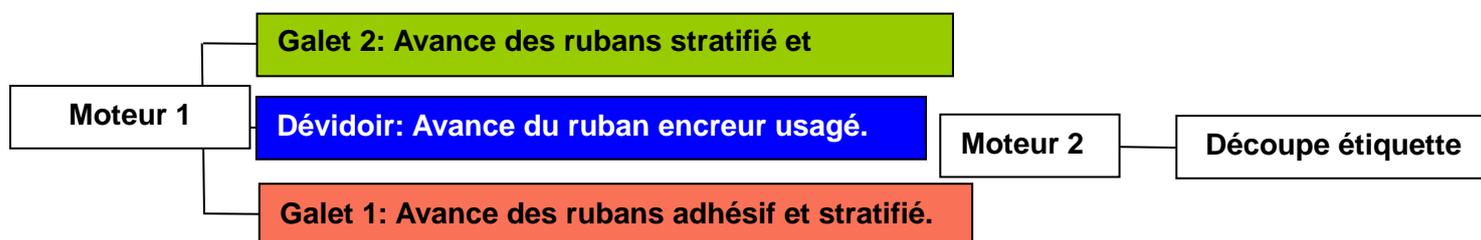
### Deuxième temps : mécanisme d'enroulement du ruban encreur.

Le ruban stratifié translucide est séparé du ruban encreur. Ce dernier s'enroule sur le dévidoir du support d'encre utilisée, alors que le ruban stratifié avance vers le galet 1 (voir flèche bleu).

### Troisième temps : mécanisme d'avance de la bande imprimée.

Le ruban stratifié contenant les caractères est cette fois plaqué sur la bande adhésive par le galet 1 pour y être assemblé par collage (voir flèche rouge).

Après assemblage des rubans translucide et adhésif, un mécanisme actionné par un moteur 2 réalise la découpe des 2 bandes pour obtenir les étiquettes à la longueur souhaitée.



Le moteur 1 non représenté sur le schéma ci-dessus, entraîne le ruban adhésif, le ruban stratifié et le ruban encreur par l'intermédiaire des galets repérés 1 et 2.

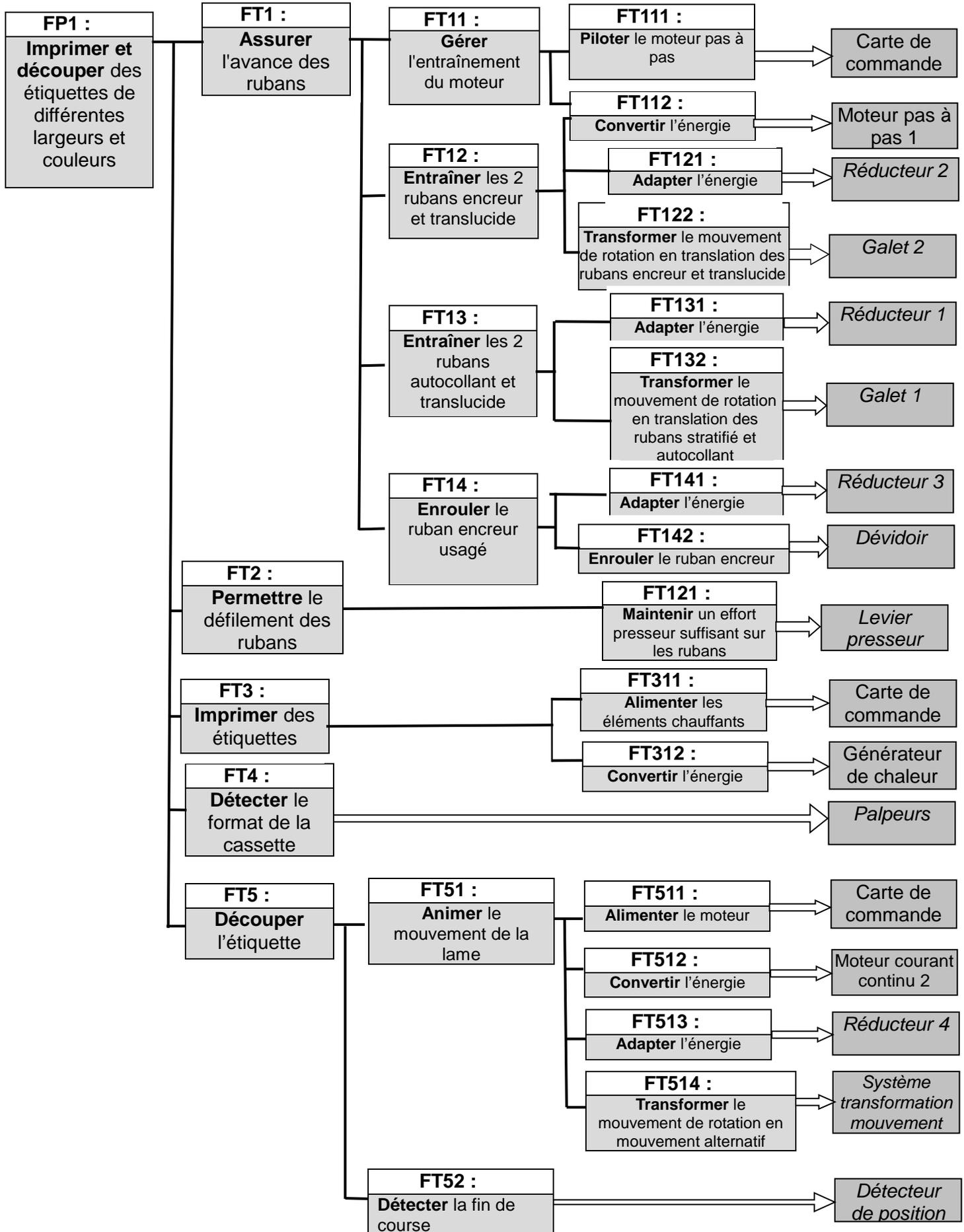
Un levier presseur (**partie non étudiée**) assure le maintien d'un effort presseur suffisant pour permettre l'avance:

- du ruban stratifié et du ruban encreur par l'intermédiaire du galet 2
- du ruban adhésif et du ruban stratifié par l'intermédiaire du galet 1.

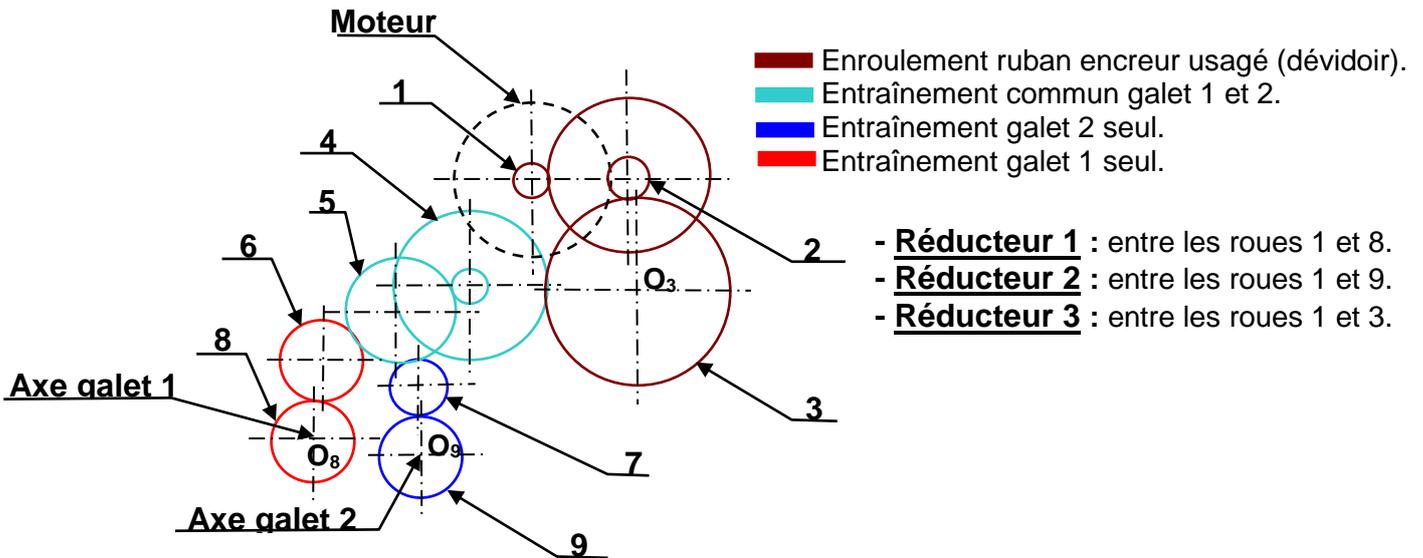
Le même moteur permettra l'entraînement pour le stockage du ruban encreur usagé par l'intermédiaire de la bobine du dévidoir au niveau du point O<sub>3</sub> (CF. **DT3** et **DT9**).

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique		Session 2020	
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	<b>DT 7/17</b>

## 6 - FAST de la fonction principale



# 7 - Schéma de principe du réducteur retenu pour les 3 fonctions

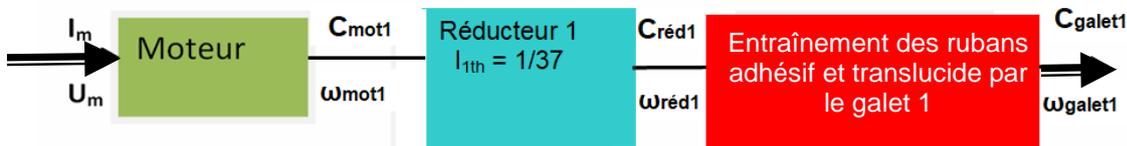


Les galets 1 et 2 sont entraînés respectivement au niveau des points  $O_8$  et  $O_9$ .

## a- Mécanisme d'impression de la bande.

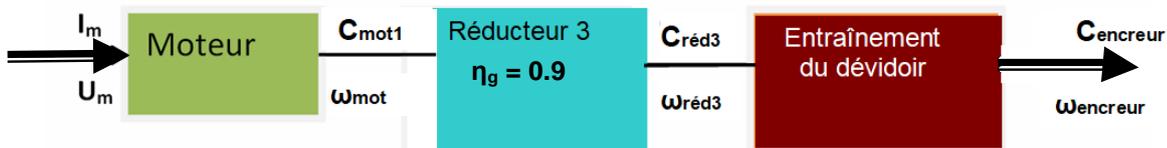


## b- Mécanisme d'avance de la bande imprimée.



## c- Mécanisme d'enroulement du ruban encreur usagé.

- Le ruban support "encre utilisée" est entraîné sur le point  $O_3$ .



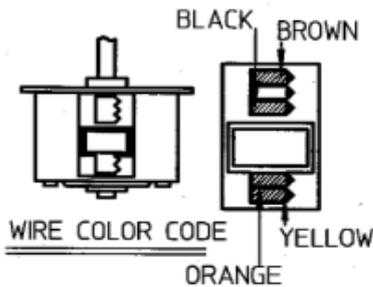
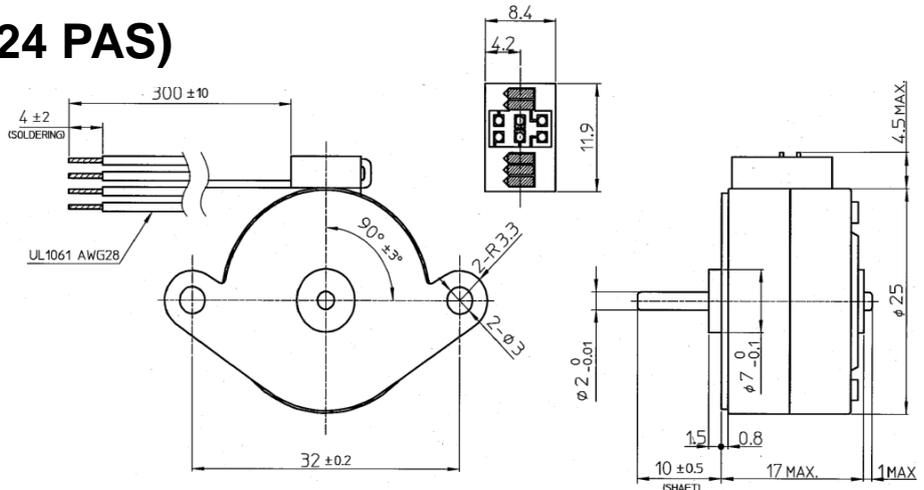
Lorsque le moteur tourne dans le sens trigonométrique, le rouleau « Support Encre utilisée », qui sert de dévidoir, tourne dans le même sens : le ruban encreur usagé s'enroule autour.

## d- Composition des réducteurs.

<b>Roue 5</b>	$Z_{roue5} = 38$ dents $m = 0,45$		
<b>Mobile 4</b>	$Z_{pignon4} = 14$ dents $Z_{roue4} = 70$ dents.	<b>Roue 9</b>	$Z_{roue9} = 25$ dents.
<b>Roue 3</b>	$Z_{roue3} = 83$ dents $m = 0,3$ .	<b>Roue 8</b>	$Z_{roue8} = 35$ dents $m = 0,45$
<b>Mobile 2</b>	$Z_{pignon2} = 18$ dents. $Z_{roue2} = 75$ dents.	<b>Roue 7</b>	$Z_{roue7} = 15$ dents.
<b>Pignon moteur 1</b>	$Z_{moteur} = 14$ dents $m = 0,3$ .	<b>Pignon 6</b>	$Z_{pignon6} = 25$ dents $m = 0,45$

# Minebea PM25L-024

Step Angle : 15° (24 PAS)



Wire Color	Motor
Black	A1
Brown	A3
Orange	B1
Yellow	B3

Step	Color			
	BLK	ORG	BRN	YEL
1	+	-	-	+
2	+	+	-	-
3	-	+	+	-
4	-	-	+	+

VIEWED FROM MOUNTING SURFACE

CW ↓      ↑ CCW

CW = ClockWise : sens horaire  
 CCW = Counter ClockWise : sens trigonométrique

## SPECIFICATIONS

Model	Drive Method	Drive Mode	Drive Voltage	Surge/Current	Coil Resistance
PM25L-024-HHC5	2-2 Phase	Bipolar Chopper	24 [V]	/600 [mA]/Phase (Peak)	8 [Ω]

# 9 - Mécanisme de découpe de l'étiquette imprimée

## 1 Principe de fonctionnement :

Le mécanisme de coupe sera constitué d'une lame fixe et d'une lame mobile.

L'étiquette imprimée passera entre ces lames.

En appuyant sur le bouton d'alimentation (bouton de coupe) ou en fin de cycle d'impression, le moteur de coupe tournera et déplacera la lame mobile : l'étiquette imprimée sera ainsi coupée.

## 2 Présentation du mécanisme de coupe :

Un moteur à courant continu entraînera un réducteur à engrenages parallèles composé de plusieurs étages (voir pour chaque solution la vue en 3D du mécanisme et le schéma cinématique).

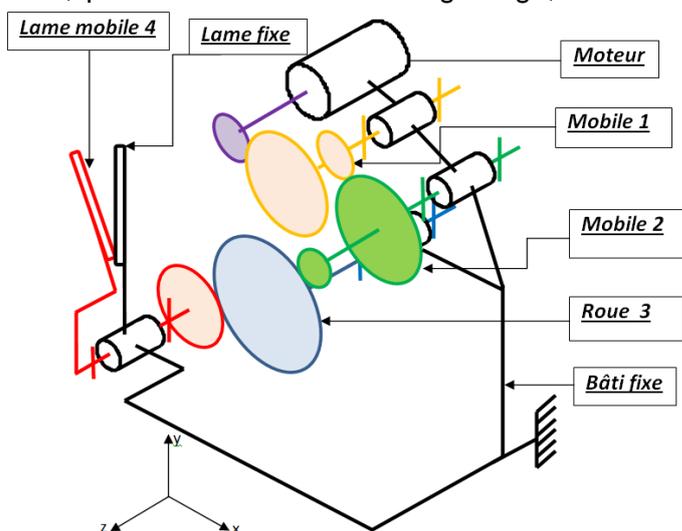
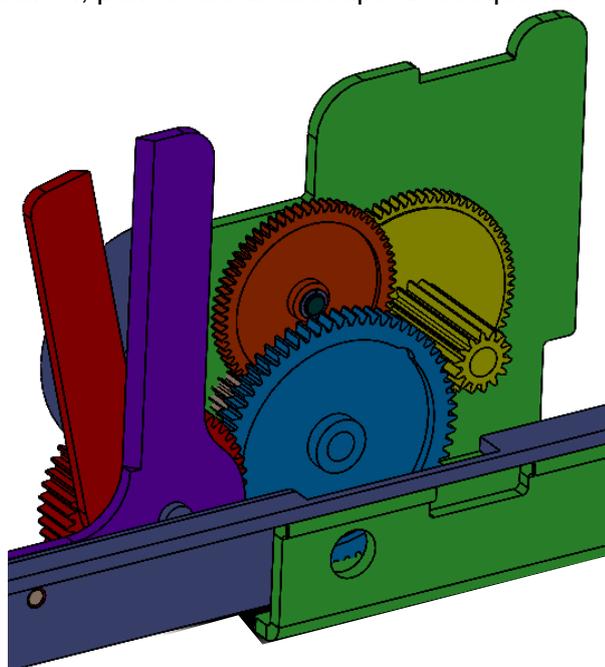
### SOLUTIONS ENVISAGÉES

Une recherche de conception préliminaire a abouti à trois solutions décrites ci-après.

Pour les 3 solutions on conservera le même réducteur (disposé différemment) jusqu'à la roue de sortie 3. Pour chaque solution une étude de simulation mécanique a été réalisée avec pour objectif de déterminer le couple nécessaire sur la roue 3 en fonction du même effort de coupe (7 N).

### SOLUTION 1 - ENGRENAGE CYLINDRIQUE.

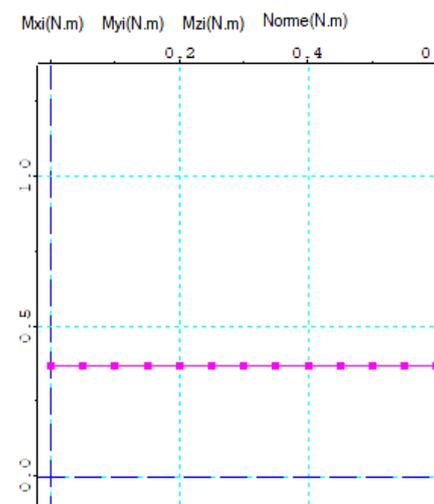
La roue de sortie 3 du réducteur entraîne en rotation, par l'intermédiaire d'un engrenage, la lame mobile 4, permettant la découpe de l'étiquette.



Effort de SE-bati-coupe<1> / SE-Roue excentrique-coupe<1>

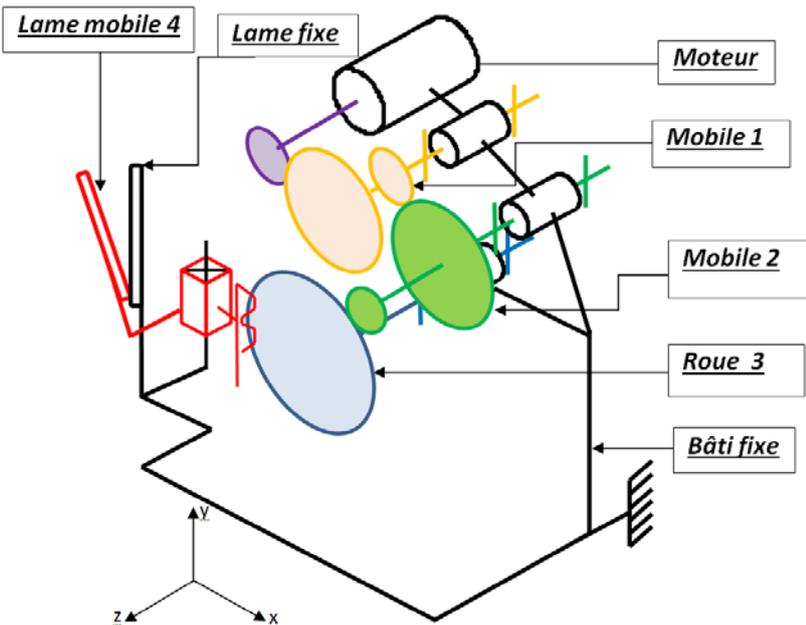
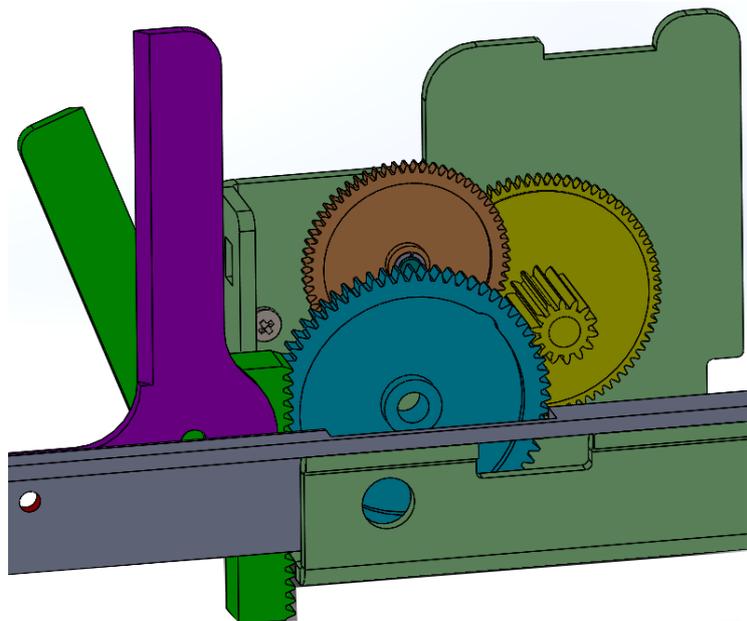
**Simulation : Résultats couple nécessaire sur Roue 3.**

Temps(s)	Norme(N.m)
0.000000	0.372451
0.005000	0.372451
0.010000	0.372451
0.015000	0.372451
0.020000	0.372451
0.025000	0.372451
0.030000	0.372451
0.035000	0.372451
0.040000	0.372451
0.045000	0.372451
0.050000	0.372451
0.055000	0.372451
0.060000	0.372451
0.065000	0.372451
0.070000	0.372451
0.075000	0.372451
0.080000	0.372451
0.085000	0.372451
0.090000	0.372451



## SOLUTION 2 - PIGNON-CRÉMAILLÈRE.

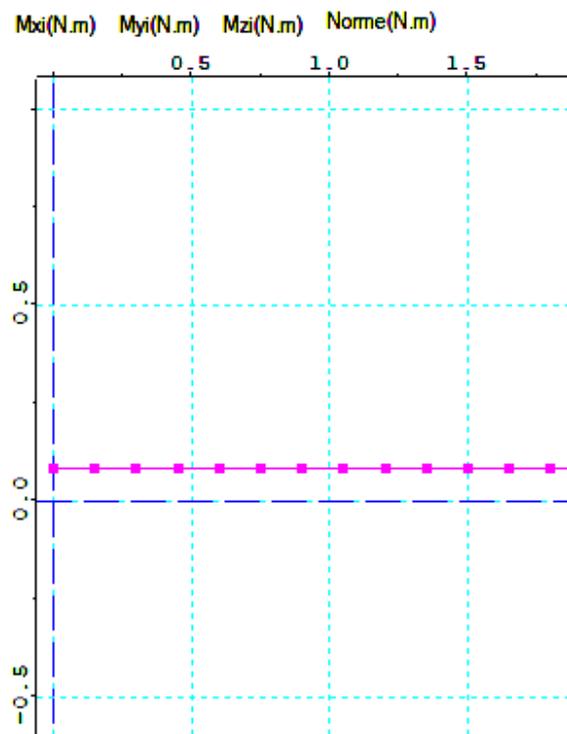
La roue de sortie 3 du réducteur entraîne en translation la *lame mobile* 4, grâce à une liaison pignon/crémaillère, permettant la découpe de l'étiquette.



**Simulation :  
Résultats  
couple nécessaire  
sur Roue 3**

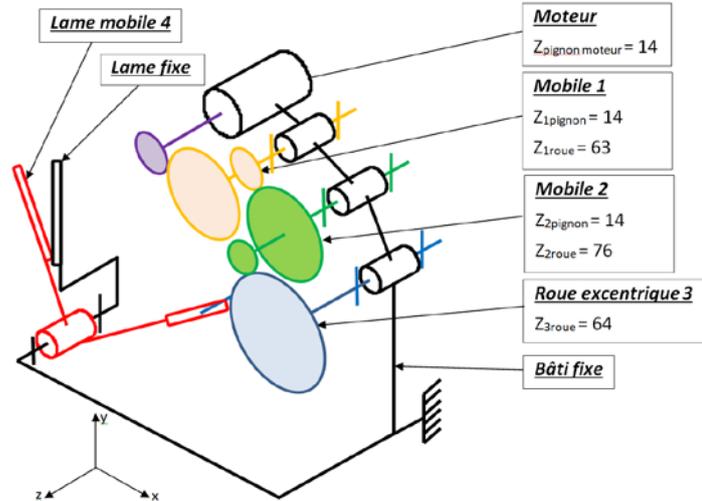
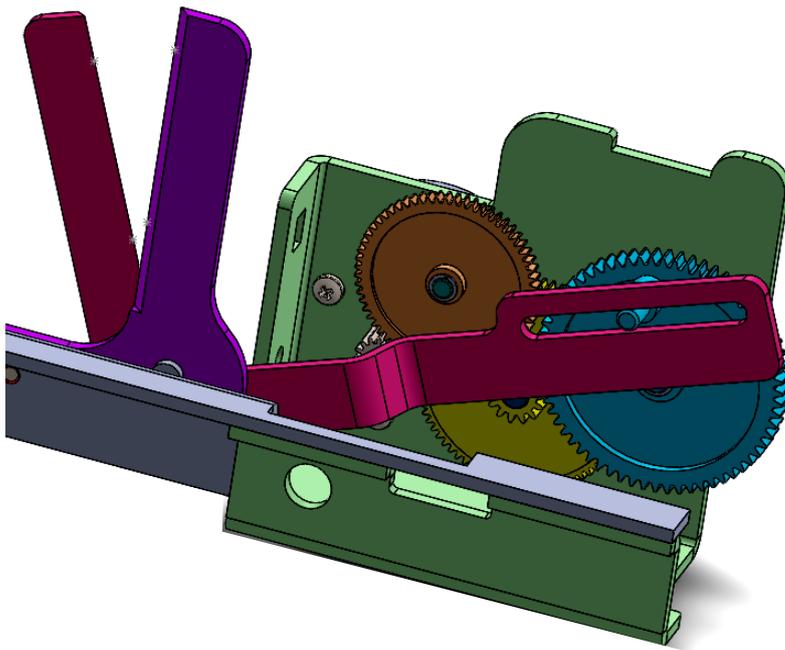
Temps(s)	Norme(N.m)
0.000000	0.080592
0.015000	0.080592
0.030000	0.080592
0.045000	0.080592
0.060000	0.080592
0.075000	0.080592
0.090000	0.080592
0.105000	0.080592
0.120000	0.080592
0.135000	0.080592
0.150000	0.080592
0.165000	0.080592
0.180000	0.080592
0.195000	0.080592
0.210000	0.080592
0.225000	0.080592
0.240000	0.080592
0.255000	0.080592
0.270000	0.080592
0.285000	0.080592
0.300000	0.080592

Effort de SE-bati-coupe<1> / SE-Roue excentrique-coupe<1>



# SOLUTION 3 - EXCENTRIQUE - LEVIER RAINURE OBLONGUE.

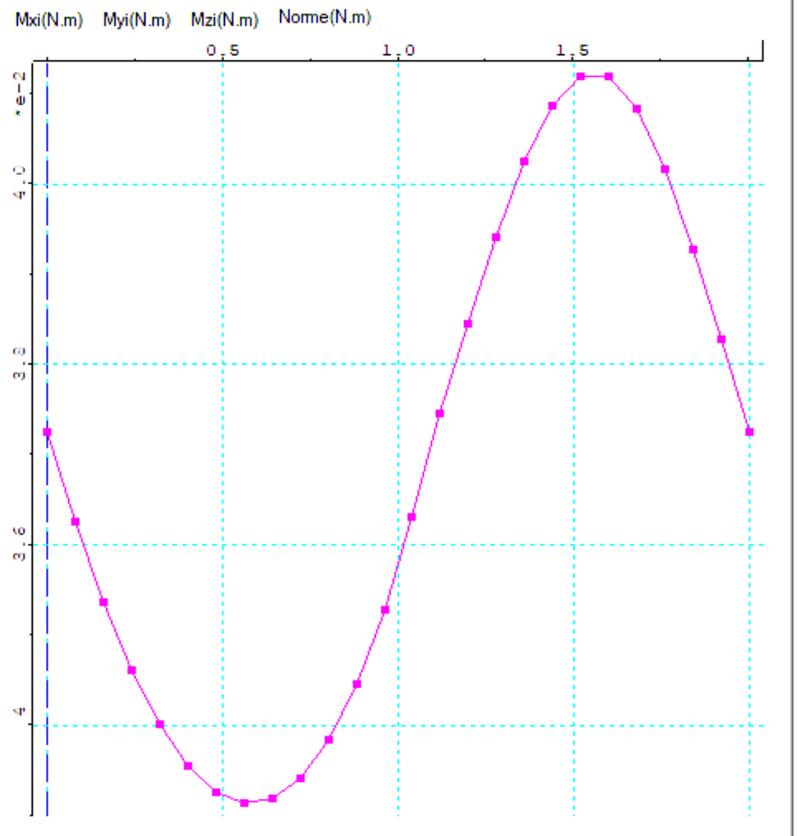
La roue de sortie 3 du réducteur composé d'un excentrique, entraîne en rotation par rapport au bâti la lame mobile 4, permettant la découpe de l'étiquette.



Effort de SE-bati-coupe<1> / SE-Roue excentrique-coupe<1>

**Simulation :  
 Résultats  
 couple  
 nécessaire sur  
 Roue  
 excentrique 3**

Temps(s)	Norme(N.m)
0.000000	0.037249
0.080000	0.036258
0.160000	0.035375
0.240000	0.034624
0.320000	0.034018
0.400000	0.033565
0.480000	0.033272
0.560000	0.033145
0.640000	0.033191
0.720000	0.033420
0.800000	0.033842
0.880000	0.034465
0.960000	0.035293
1.040000	0.036314
1.120000	0.037460
1.200000	0.038452
1.280000	0.039412
1.360000	0.040249
1.440000	0.040867
1.520000	0.041194
1.600000	0.041185
1.680000	0.040831
1.760000	0.040169
1.840000	0.039281
1.920000	0.038276
2.000000	0.037249



# 10 - Documentation moteur à courant continu



## RF-300EA 8Z485

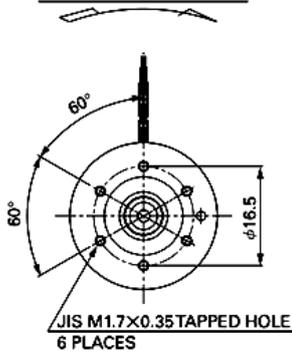
**MABUCHI MOTOR**  
Precious metal-brush motors

OUTPUT : 0.02W~1.8W (APPROX)

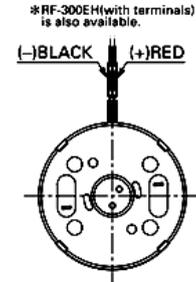
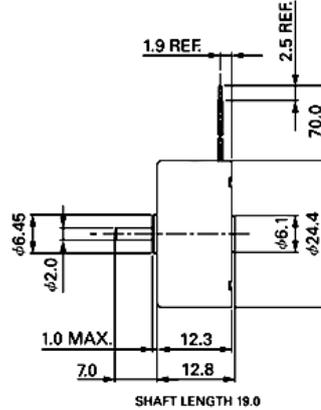
WEIGHT : 22g (APPROX)

Typical Applications Office Automation Equipment : CD/DVD-ROM Drive  
Audio and Visual Equipment : Car CD Player / DVD Player

DIRECTION OF ROTATION



Usable machine screw length 1.1 max. from motor mounting surface.



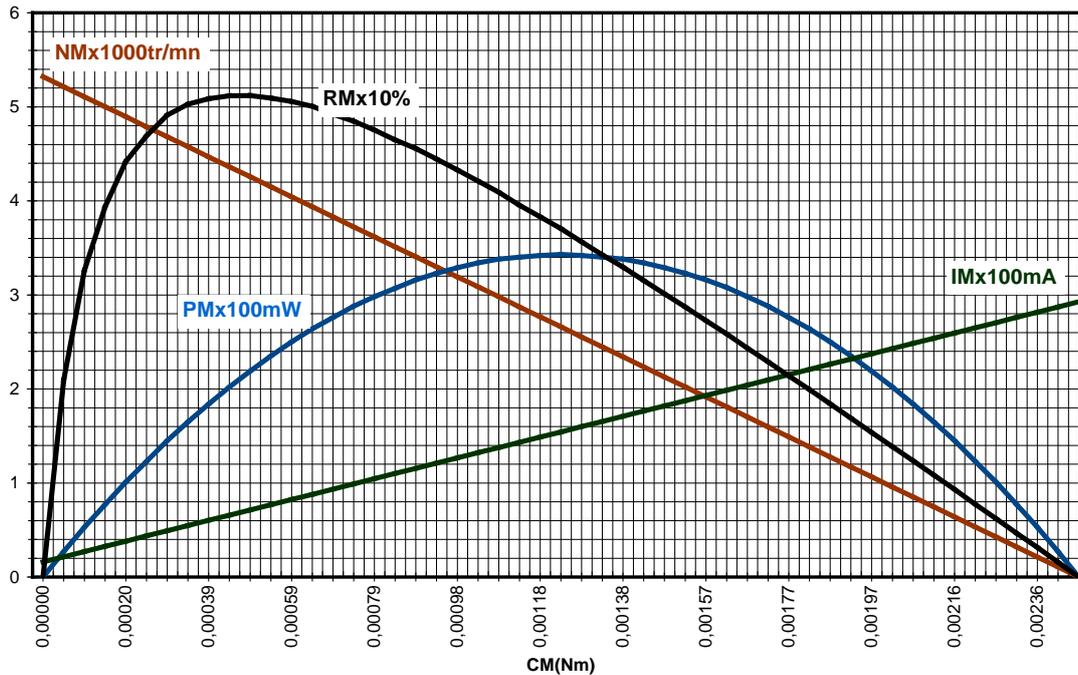
UNIT: MILLIMETERS

Plage de tension d'induit : de 1,6V à 11V  
Tension d'induit nominale  $U_n = 8V$   
Résistance d'induit  $R_M = 20,5\Omega$

à  $U_M = 6V$

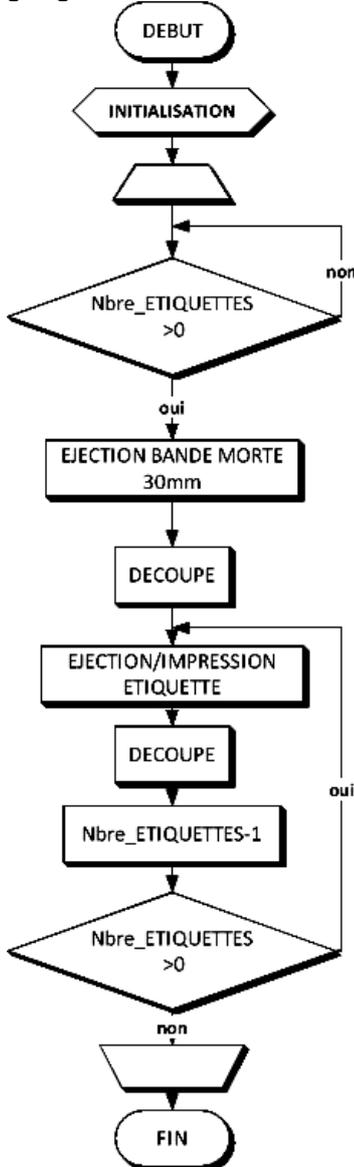
	Vitesse	Courant	Couple	Puissance	Rendement
	NM (tr/min)	IM (mA)	CM (mNm)	PM (mW)	RM (%)
à Vide	5320	16	0	0	0
à Rendement max	4260	71	0,49	220	51
à Puissance max	2660	154	1,23	340	37
à Rotor bloqué	0	293	3,62	0	0

MABUCHI RF300EA-8Z485  
 $U_M=6V$



## 11 - CYCLE D'IMPRESSION

En phase d'utilisation, le fonctionnement de l'imprimante d'étiquette peut être décrit par l'algorithme ci-dessous:



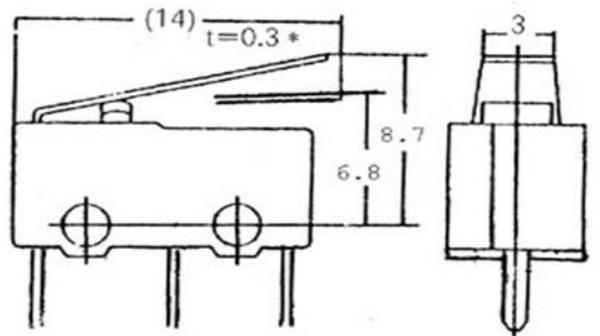
## 12 - CAPTEUR DE POSITION

Microrupteur subminiature 3a

Avec levier de commande,

Spécifications:

- résistance de contact initiale: max. 15mohm
- résistance d isolement: 100Mohm min. ( 500Vcc)
- résistance diélectrique: 1000Vca pendant 1 minute
- durée de vie mécanique: min. 1000000 manoeuvres
- durée de vie électrique: min. 100000 manoeuvres pleine charge
- dimensions: 6.5 x 12.8 x 5.8mm



dimensions in mm

## 13 - RESISTANCES CMS - SERIE E12 - BOITIERS

### Résistances CMS

#### ▪ Valeurs normalisées

Les valeurs normalisées dans la série E12 sont des multiples de 10 des 12 valeurs suivantes :

10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

#### ▪ Boîtiers

Le format (et l'encombrement) des boîtiers est croissant du 0402 au 2010.

La puissance pouvant être dissipée dépend du format du boîtier.

Format Boîtier (réf)	0402	0603	0805	1206	1812	2010
Puissance dissipée max.	1/16W	1/10W	1/8W	1/4W	1/2W	1 W

# 14 - DRIVER DE MOTEUR PAS A PAS BD6380



## Technical Note

### Stepping Motor Drivers Low Voltage Stepping Motor Drivers



BD6380EFV, BD6381EFV

No.12009EAT01

●Description

This series can drive the bipolar stepping motor used for paper feed carriages. It is a low power consumption bipolar PWM constant current-drive driver. It is suitable for the mobile devices of a battery drive by power save function. It contributes also to reduction of mounting area by ultra-thin and high heat-radiation (exposed metal type) HTSSOP package.

●Terminal function-Block diagram-Application circuit diagram  
1) BD6380EFV / BD6381EFV

Pin No.	Pin name	Function	Pin No.	Pin name	Function
1	GND	Ground terminal	13	RNF2	Connection terminal of resistor for output current detection
2	PS	Power save terminal	14	OUT2B	H bridge output terminal
3	VLIM1	Output current limit setting terminal	15	OUT2A	H bridge output terminal
4	SENSE1	Input terminal of current limit comp.	16	VM2	Power supply terminal for motor
5	CR1	Connection terminal of CR for setting PWM frequency	17	NC	Non connection
6	IN1A	Logic input terminal	18	IN2B	Logic input terminal
7	IN1B	Logic input terminal	19	IN2A	Logic input terminal
8	NC	Non connection	20	CR2	Connection terminal of CR for setting PWM frequency
9	VM1	Power supply terminal for motor	21	SENSE2	Input terminal of current limit comp.
10	OUT1A	H bridge output terminal	22	VLIM2	Output current limit setting terminal
11	OUT1B	H bridge output terminal	23	VREF	Reference voltage output terminal
12	RNF1	Connection terminal of resistor for output current detection			

●Operating conditions (Ta=25~+75°C)

Item	Symbol	BD6380EFV	BD6381EFV	Unit
Supply voltage VCC	V <sub>CC</sub>	2.5~5.5	2.5~5.5	V
Supply voltage VM	V <sub>M</sub>	4.0~13.5	6.0~13.5	V
Input voltage for control pin	V <sub>IN</sub>	0~V <sub>CC</sub>	0~V <sub>CC</sub>	V
Output current (DC)	I <sub>OUT</sub>	0.5 <sup>※4</sup>	0.8 <sup>※4</sup>	A/ch

※4 Do not exceed Pd, ASO

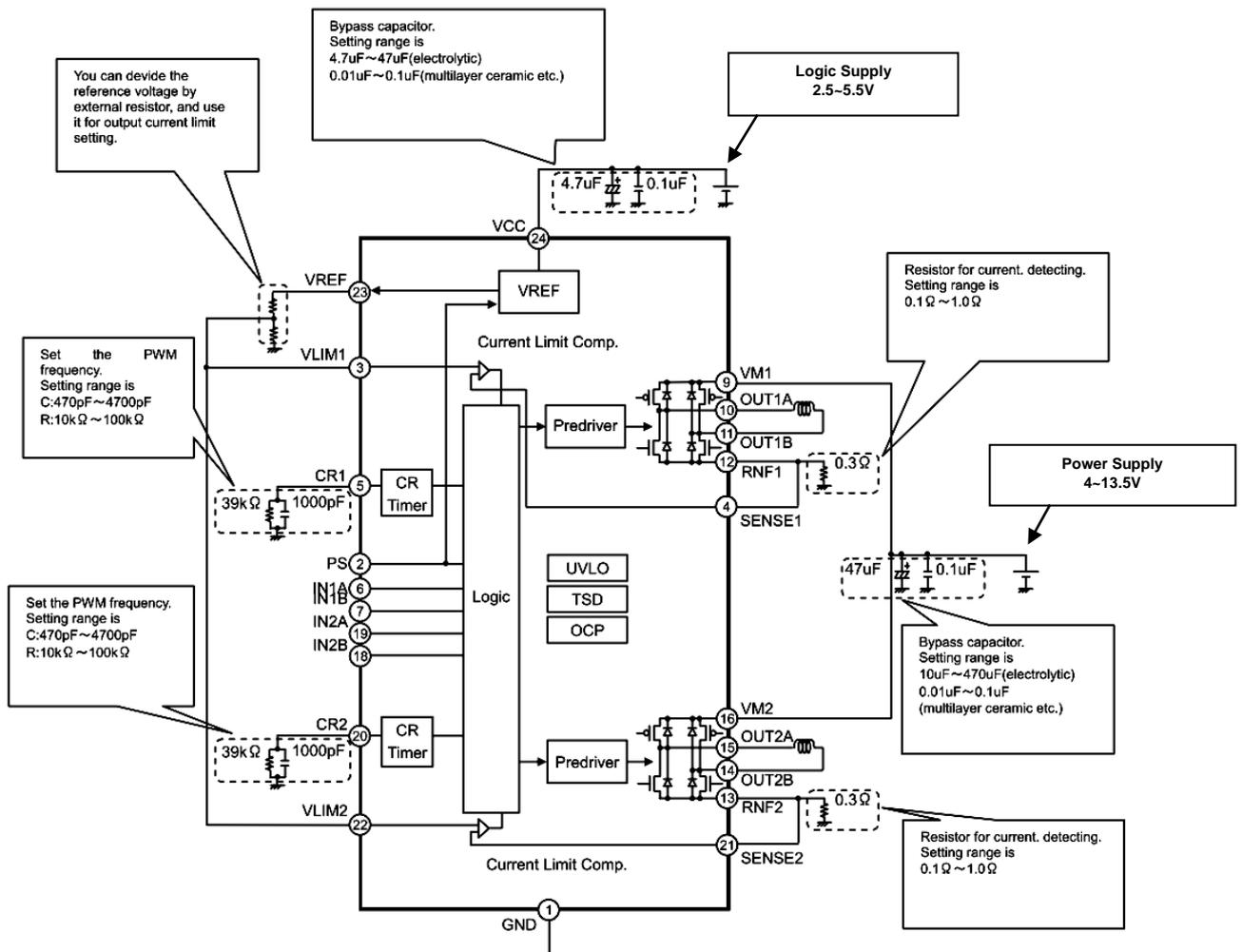


Fig.1 Block diagram & Application circuit diagram of BD6380EFV / BD6381EFV

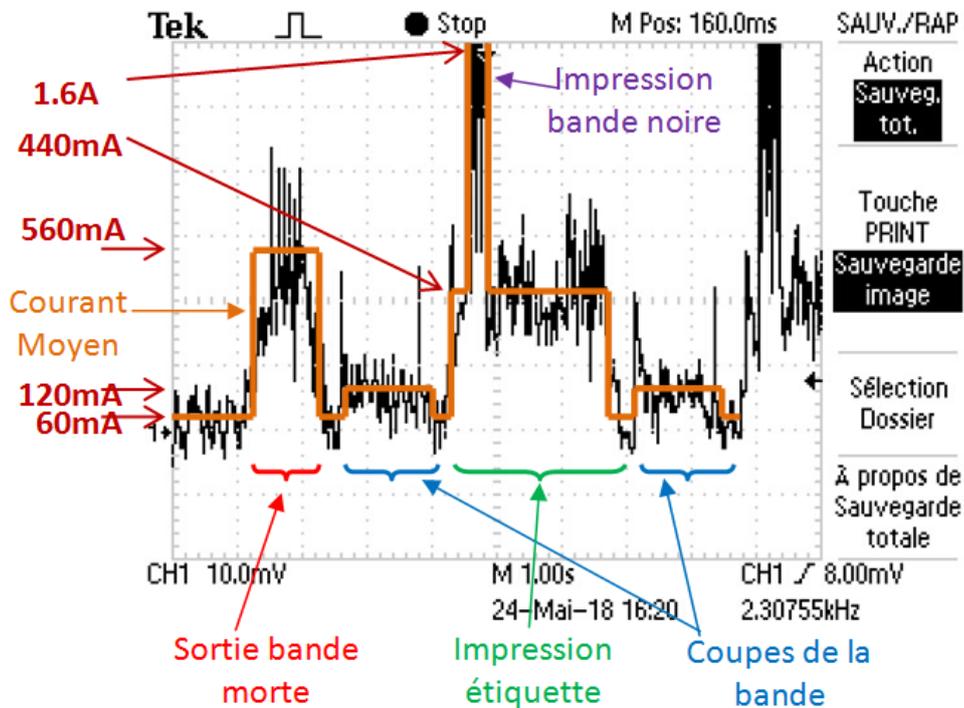
# 15 - MESURE DU COURANT LORS DE L'IMPRESSON D'UNE ÉTIQUETTE.

Une maquette d'essai a permis d'évaluer la consommation lors de l'impression de l'étiquette ci-contre :

Dimensions : 72 mm x 24 mm



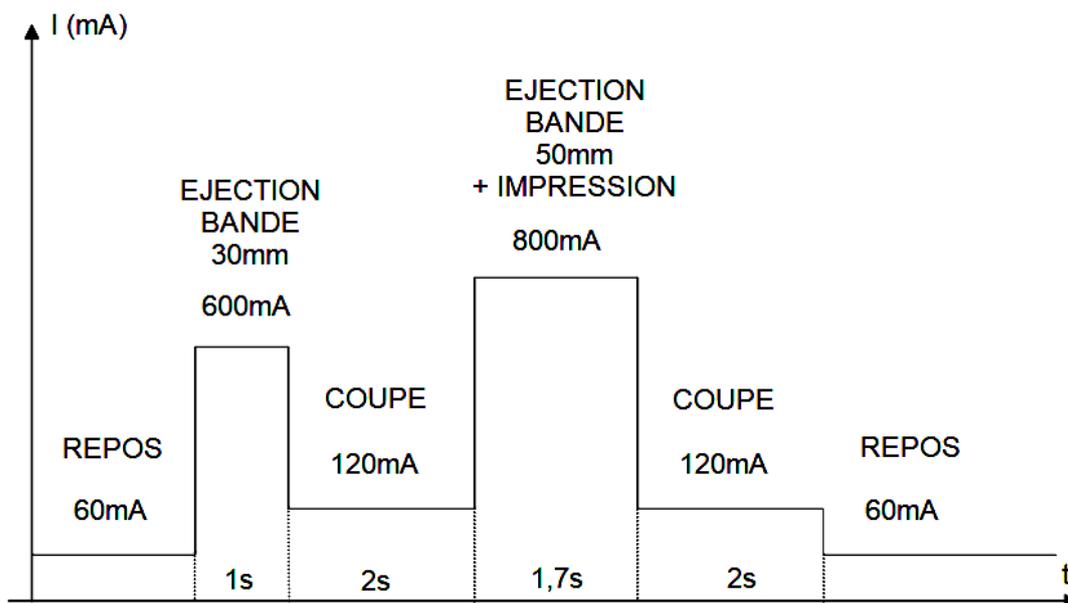
Un relevé du courant est fourni ci-dessous :



**ECHELLE : 10mV/A (5 spires) => 10mV/200mA**

[Utilisation d'une pince ampère-métrique calibre 10mV/A et 5 spires afin d'augmenter la sensibilité]

# 16 - MODELISATION DU COURANT LORS DE L'IMPRESSON D'UNE ETIQUETTE-TYPE (LONGUEUR 50 mm)



SESSION 2020

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN  
MICROTECHNIQUES

ÉPREUVE E4

CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME  
MICROTECHNIQUE

## IMPRIMANTE D'ÉTIQUETTE

### DOSSIER TRAVAIL DEMANDÉ

Ce dossier comporte 9 pages repérées TD1 à TD9

#### Objectifs généraux de l'étude :

- Faire un choix de conception préliminaire à partir de différentes solutions proposées,
- Elaborer et adapter une chaîne cinématique.

#### Temps conseillé :

- **Lecture du sujet :** 30 min
- **Activité 1 :** Conception de l'acquisition « couleur de cassette » 15 min
- **Activité 2 :** Validation du moteur d'entraînement des rubans 40 min
- **Activité 3 :** Conception de la commande du moteur d'entraînement des rubans 30 min
- **Activité 4 :** Conception de la communication et du traitement de l'information 20 min
- **Activité 5 :** Choix du système de coupe de l'étiquette 15 min
- **Activité 6 :** Choix de l'actionneur de la chaîne d'énergie du coupe étiquette 40 mn
- **Activité 7 :** Recherche d'une solution pour actionner le détecteur « Fin de découpe » 30 min
- **Activité 8 :** Validation de la contrainte d'autonomie 20 min

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2020
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	<b>TD 1/9</b>

## Activité 1 - Conception de l'acquisition « couleur de cassette »

### Problématique 1 :

On se propose de concevoir le dispositif d'acquisition qui assurera la compatibilité de cette nouvelle imprimante avec les cassettes déjà existantes.

**26 types** de cassettes de couleurs différentes sont commercialisées. Le codage numérique est réalisé par la présence ou l'absence de puits (perçage non débouchant) ménagés sur le capot de la cassette, en regard desquels l'étiqueteuse devra disposer de contacts à ressort qui seront actionnés (contact fermé) en l'absence de puits ou libérés (contact ouvert) lorsque le puits est présent.

### Question 1

**Combien** de détecteurs sont nécessaires pour distinguer les 26 types de cassettes ?  
**Justifiez** votre réponse.

### Question 2

**Sur quel type** de broche du  $\mu$ Contrôleur les détecteurs doivent-ils être câblés ?  
**Compléter** le DR2

Le codage est tel qu'en l'absence de puits, le détecteur fermé fournit un niveau de tension 0V. En présence d'un puits, le détecteur est ouvert et fournit un niveau de tension de 3,3V.

### Question 3

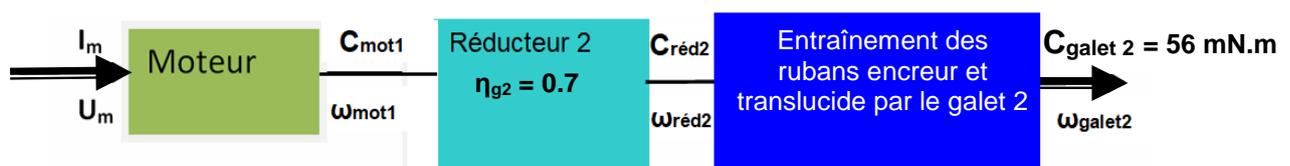
Sur le DR2, **câbler** le détecteur pour satisfaire ces spécifications.

## Activité 2 - Validation du moteur d'entraînement des rubans

### Problématique 2 :

**On souhaite :**

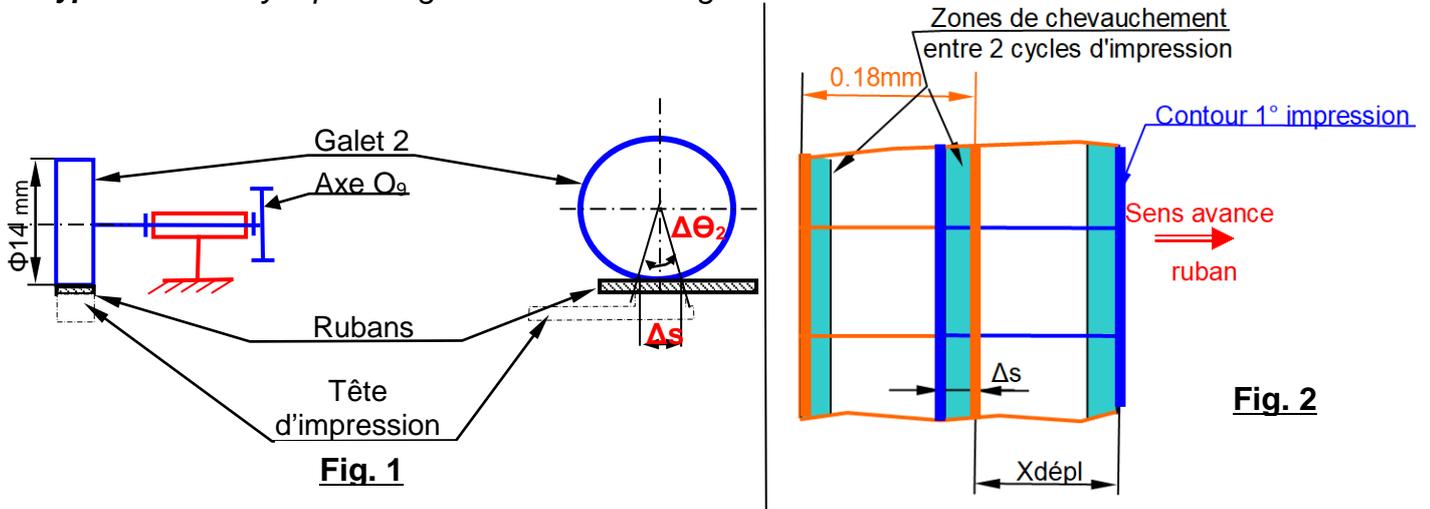
- Déterminer le rapport de réduction du réducteur 2.
- Valider le choix du moteur pas à pas permettant à la bande d'impression de défiler à une vitesse de 30 mm/s.



#### Question 4

Pour éviter toute discontinuité d'impression du ruban, on doit respecter une zone de recouvrement de 20 % (Cf DT4, DT5 et schéma rappelé Fig. 2 ci dessous). **Calculer** la largeur de la zone de recouvrement notée  $\Delta s$  (Fig. 1 et 2). **En déduire** la distance de déplacement utile notée  $X_{\text{dépl}}$ .

**Hypothèse :** Il n'y a pas de glissement entre le galet 2 et les 2 rubans.



#### Question 5

En s'aidant du schéma ci-dessus, **en déduire** l'angle de rotation unitaire  $\Delta\theta_2$  du galet 2 en degrés permettant d'obtenir le recouvrement  $\Delta s$ .

#### Question 6

Le moteur pas à pas choisi a une résolution de 15 degrés par pas. **Calculer** alors le rapport de réduction  $i_2$ .

**Quelque soit la valeur trouvée à la question 5, on prendra pour la suite  $X_{\text{dépl}} = 0,144 \text{ mm}$ .**

#### Question 7

**Calculer** l'angle de rotation  $\theta_2$  du galet 2 en degré permettant d'obtenir le déplacement utile  $X_{\text{dépl}}$ . **En déduire** le nombre de pas pour obtenir l'avance souhaitée par élément chauffant.

#### Question 8

**Déterminer** la fréquence de rotation du galet 2 :  $N_{\text{galet 2}}$  (en tr/min) permettant d'obtenir la vitesse d'avance de la bande.

Quelle que soit la valeur  $i_2$  trouvée à la question 7, on donne le rapport de réduction du réducteur 2 :  $i_2 = 1/51$

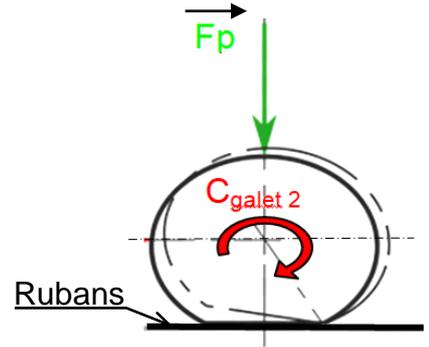
### Question 9

**Déterminer** la fréquence de rotation du moteur  $N_{\text{moteur}}$  en tr/min. **En déduire** la fréquence en pas/s.

On souhaite réaliser les galets en matière plastique recouverts d'une enveloppe en élastomère sur leur partie cylindrique pour favoriser l'entraînement des rubans sans glissement. Un effort presseur suffisant  $F_p$  est exercé par le levier presseur, permettant ainsi l'entraînement du ruban ; toutefois cela crée un écrasement de la paroi en élastomère (voir schéma ci-contre).

Des essais sur le galet 2 ont permis d'évaluer le couple utile assurant l'avance des rubans tout en permettant de vaincre la résistance au roulement de la paroi en élastomère. On donne la valeur de ce couple:  $C_{\text{galet 2}} = 56 \text{ mN.m}$ .

**Hypothèse** : On évalue le rendement du réducteur 2 à **0,7**



### Question 10

**Déterminer** le couple moteur nécessaire à l'avance du galet 2.

*Le couple moteur dépend en fait des couples nécessaires: sur le galet 1, sur le galet 2 et sur le rouleau permettant l'enroulement du ruban encreur.*

*Une étude énergétique semblable à la question 11, tenant compte de tous les couples, a permis d'obtenir un couple moteur total de  $4 \text{ mN.m}$ .*

### Question 11

Sur le **DR2**, **tracer** le point obtenu. **Indiquer** si le moteur pas à pas choisi convient, en tenant compte de cette dernière donnée. **Justifiez** votre réponse.

## Activité 3 - Conception de la commande du moteur d'entraînement des rubans

### Problématique 3 :

*On souhaite concevoir la commande du moteur permettant de fournir le couple nécessaire au défilement de la bande d'impression à une vitesse de  $30 \text{ mm/s}$ .*

*Le microcontrôleur fournit des sorties logiques  $3,3\text{V}$  sous  $4\text{mA max}$ . Les phases du moteur pas à pas doivent être alimentées sous  $9\text{V} / 210\text{mA}$  chacune.*

### Question 12

**Justifier** la présence du driver BD6380 pour piloter le moteur pas à pas.

### Question 13

Sur le **DR3**, **compléter** le câblage du driver BD6380 (broches **9, 10, 11, 14, 15, 16 et 24**).

*La broche **23** sera laissée en l'air. (cf. **DT16**)*

*Le moteur est commandé en courant. La consigne  $\text{MCU\_VREF}$  appliquée sur les broches VLIM1 et VLIM2 est comparée à l'image du courant circulant dans chaque phase (tensions sur les broches SENSE1 et SENSE2). Lorsque SENSE1 ou SENSE2 dépasse VLIM1 ou VLIM2, la phase correspondante n'est plus alimentée.*

### Question 14

**Calculer** la tension  $\text{MCU\_VREF}$  pour que le courant soit de **210mA** dans chaque phase.

### Question 15

**Quel type** de sortie du microcontrôleur doit-on utiliser pour fournir  $\text{MCU\_VREF}$  ?

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2020
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	<b>TD 4/9</b>

## Activité 4 - Conception de la communication et du traitement de l'information.

### Problématique 4 :

On souhaite valider par simulation l'algorithme de la tâche « Ejection/Impression étiquette ».

- Dans cet exemple, l'étiquette à imprimer a une longueur de  $L_{\text{étiquette}} = 72 \text{ mm}$ .
- Le nombre de lignes à imprimer sera stocké dans la variable  $N_{\text{ligne}}$ .
- L'avance d'une ligne de  $0,144 \text{ mm}$  est obtenue lorsque le moteur effectue 4 pas.
- Le moteur pas à pas est piloté à travers les 4 sorties de poids faible du port B du microcontrôleur.
- La séquence d'alimentation des phases est contenue dans le tableau  $PB[n]$ , permettant une rotation horaire lorsqu'elle est croissante.

### Question 16

Quelle est la valeur de  $N_{\text{ligne}}$  ?

Quel est son format au minimum (booléen [1 bit], octet [8 bits] ou entier [16 bits]) ?

### Question 17

A partir du DT10 du moteur pas à pas, compléter les 2 dernières lignes du tableau sur le DR4.

### Question 18

Sur le DR4, compléter l'algorithme de la tâche Impression / Ejection Etiquette.

- L'état de l'étiqueteuse sera fourni à l'utilisateur au moyen de 3 leds : 1 rouge et 2 vertes.
- On souhaite dimensionner la résistance de limitation de courant à travers la led verte.
- Lorsqu'elle éclaire convenablement, la tension directe à ses bornes est  $V_f = 2,2\text{V}$  et le courant direct est alors  $I_f = 15\text{mA}$ .
- On considère que le transistor  $T$  est équivalent entre collecteur et émetteur à un court-circuit lorsqu'il est saturé. On précise que  $3V3\_BV = 3,3\text{V}$

### Question 19

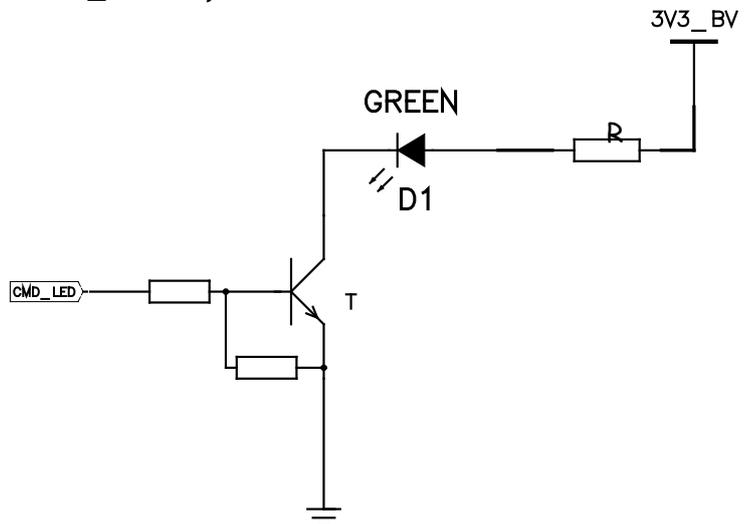
Pour quel état logique de  $CMD\_LED$  la led D1 est-elle allumée ?

### Question 20

Calculer  $R$  pour que D1 éclaire convenablement.

### Question 21

Choisir la valeur normalisée de  $R$  dans la série E12. (cf. DT15)



### Question 22

Choisir le boîtier le moins volumineux pour  $R$  tout en respectant un facteur de sécurité de 2 pour la puissance dissipée. (cf. DT15)

## Activité 5 – Choix du système de coupe de l'étiquette

### Problématique 5 :

A partir d'un panel de solutions différentes répondant au besoin initial, on souhaite faire un choix d'une solution adaptée de conception préliminaire.

**Critères pour un choix crédible :** les solutions 1 à 3 sont à l'état de conception préliminaire (descriptifs réalisés dans le dossier technique de **DT11** à **DT13**). Il reste donc à évaluer la capacité de chaque solution à répondre au besoin client : **découper l'étiquette imprimée**.

On propose donc les 3 critères de choix suivants :

**Critère 1 :** l'inversion ou non du sens de rotation moteur (suivant les solutions données).

**Critère 2 :** le couple nécessaire sur la roue 3 pour réaliser la découpe de l'étiquette.

**Critère 3 :** la complexité relative du mécanisme liée à l'estimation du nombre de composants, au nombre de liaisons à réaliser ainsi qu'à la difficulté de la réalisation de ces liaisons.

### Question 23

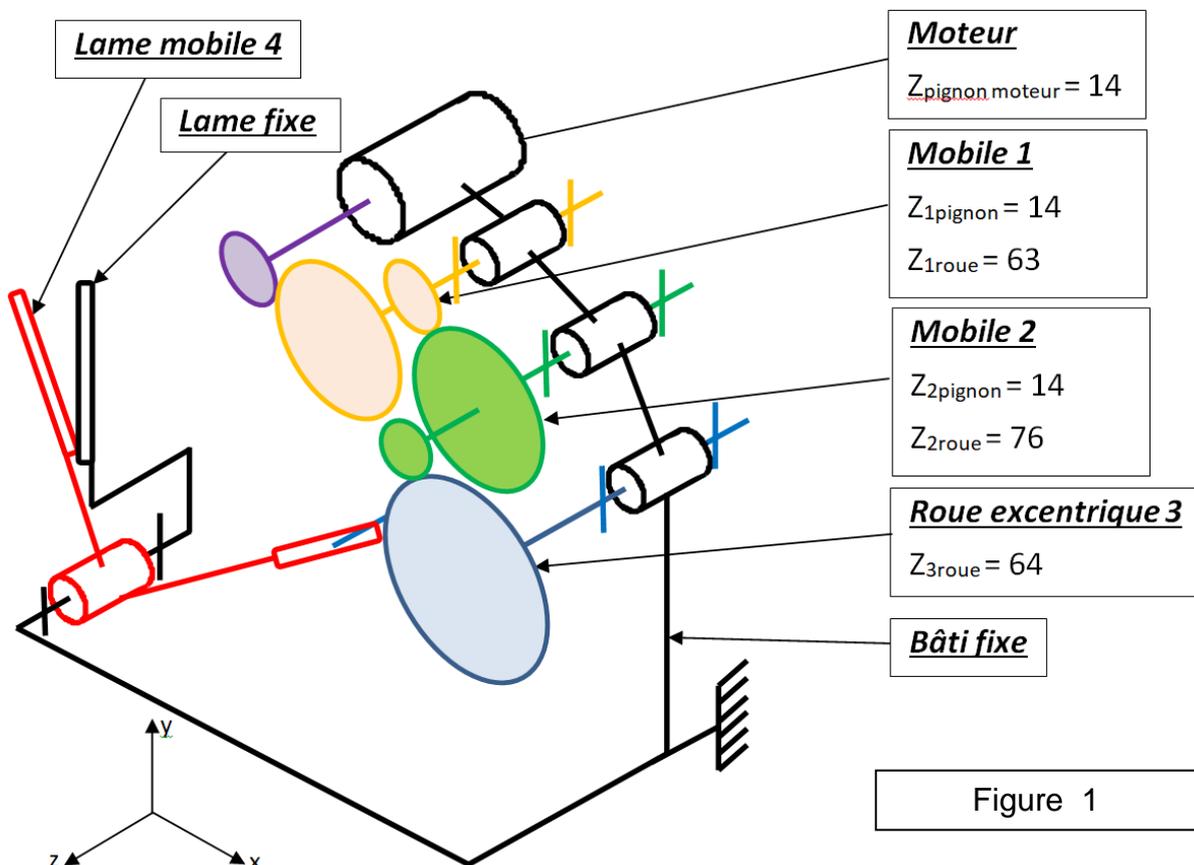
Proposer un choix argumenté d'une solution en complétant le tableau fourni sur le document réponse DR5.

## Activité 6 – Choix de l'actionneur de la chaîne d'énergie du coupe étiquette

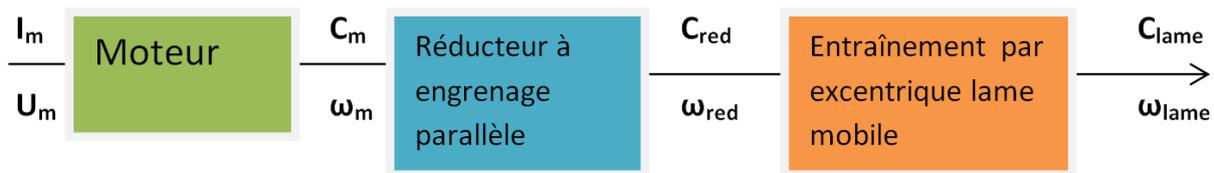
### Problématique 6 :

Une solution préliminaire s'est distinguée (voir figure 1 ci-dessous), il s'agit maintenant d'adapter la chaîne d'énergie. L'objectif est de déterminer l'actionneur répondant au cahier des charges.

### Schéma cinématique du mécanisme de coupe étiquette :



## Chaîne d'énergie de la découpe étiquette



Une simulation du mécanisme donne comme résultat une courbe indiquant la valeur du couple moteur en fonction de l'effort sur l'extrémité de la lame mobile durant un cycle (voir **DT13**). Un cycle correspond à un tour complet de la roue excentrique 3.

### Hypothèses :

- Après mesure expérimentale, on prendra un effort de coupe de **7 N** au point A noté  $\vec{F}_A$ , ce point correspond à la partie haute de l'étiquette sur la lame mobile 4.
- La durée d'un cycle de cisaillement est :  **$t = 2 \text{ s max}$** .
- L'étude se fera dans la position du mécanisme ci-dessous, figure 2.
- On suppose que le système admet un plan de symétrie (o,x,y)
- On prendra : Rendement / engrenage  $\eta_{eng} = 0,9$  Rendement / pivot  $\eta_{pivot} = 0,95$
- On donne les distances  **$AB = 34 \text{ mm}$**  ;  **$BD = 48 \text{ mm}$**  et valeur de l'excentrique  **$e = 9 \text{ mm}$**

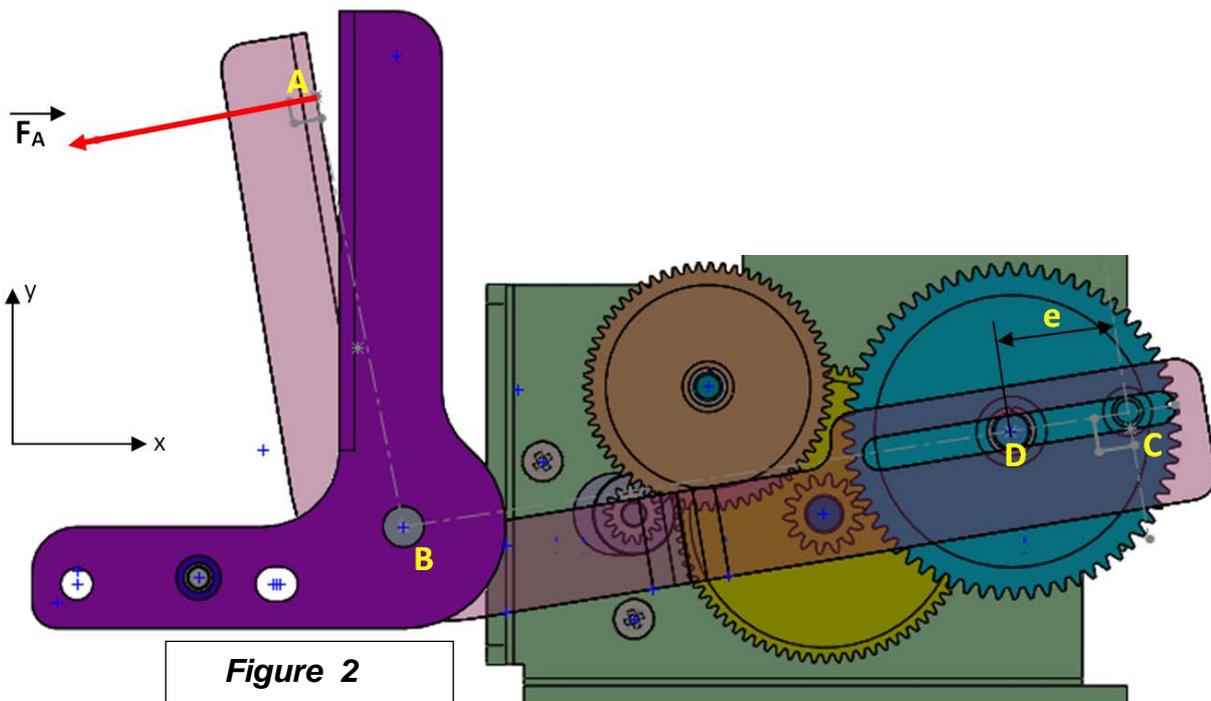


Figure 2

### Question 24

**24.1)** On isole la lame mobile 4. Sur le document réponse **DR6** tracer, pour les deux cas de figure, l'effort en C dû à la roue excentrique 3 noté  $\vec{C}_{3 \rightarrow 4}$

- Figure a : sens de rotation de la roue excentrique (sens horaire) et axe excentrique à droite.
- Figure b : sens de rotation de la roue excentrique (sens trigo) et axe excentrique à gauche.

**24.2)** On isole la lame mobile 4.

En appliquant le théorème des moments au point **B**, **déterminer** l'effort en **C** dû à la roue excentrique 3 noté  $\vec{C}_{3 \rightarrow 4}$  Pour les deux cas de figure du DR6

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2020
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	<b>TD 7/9</b>

24.3) En déduire le couple d'entraînement sur la **roue excentrique 3**, noté sur la chaîne d'énergie  $C_{red}$ . Pour cela on isolera la **roue excentrique 3** et on appliquera le théorème des moments au point **D**. Pour les deux cas de figure du DR6

#### Question 25

**Quel sens** de rotation faut-il privilégier pour la roue excentrique 3 (sens horaire ou trigo) ? **Justifier** votre choix. **En déduire** le sens de rotation moteur (sens horaire ou trigo), **justifier** votre réponse.

**Quelle que soit le résultat trouvé à la question 24 on prendra  $C_{red} = 37 \text{ mN.m}$**

#### Question 26

**Calculer** le rendement global du réducteur à engrenages parallèles  $\eta_g$ .

#### Question 27

**Déterminer** le rapport de réduction  $r = \omega_{red} / \omega_m$ .

#### Question 28

**Calculer** le couple moteur  $C_m$ .

#### Question 29

A partir des données du CdCF (cf. DT6 - on rappelle que la découpe s'effectue pour un tour de la roue excentrique), rechercher le temps imposé pour la découpe et en déduire la fréquence de rotation du pignon moteur  $N_m$ .

**Quelle que soit la réponse à la question 28 on prendra  $C_m = 0.5 \text{ mN.m}$ .**

**Afin de limiter la consommation de l'objet, on impose que le courant moteur soit au maximum de 100mA.**

#### Question 30

A partir des résultats précédents et des caractéristiques fournies sur le DT14 d'un des 3 moteurs envisagés,

- **Finir de compléter** le tableau sur le DR6.
- **Repérer** par une croix les caractéristiques qui conviennent.
- **Choisir** un moteur en **justifiant** sa réponse.

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2020
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	<b>TD 8/9</b>

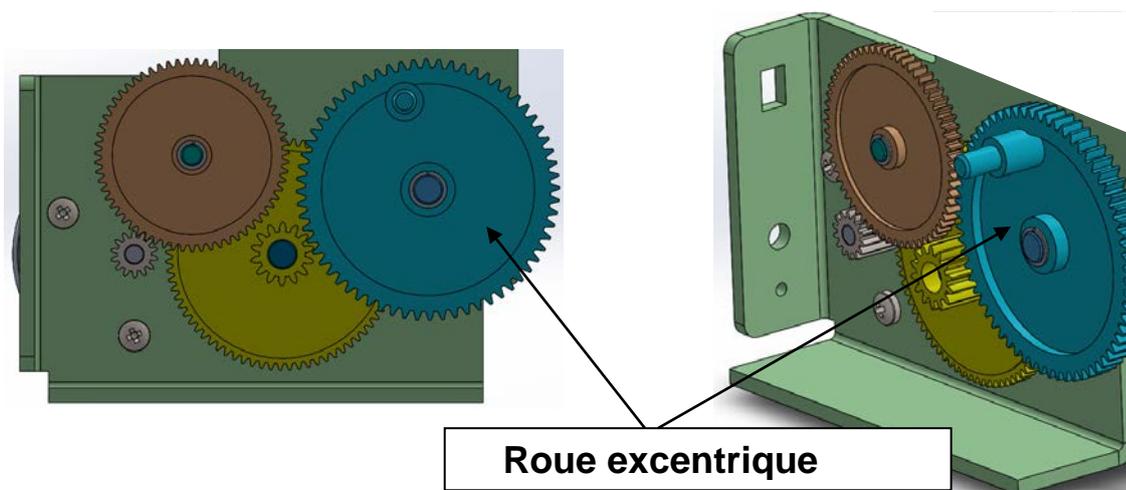
## Activité 7 - Recherche d'une solution pour actionner le détecteur « Fin de découpe »

**Problématique 7 :** *On souhaite réaliser la détection de la rotation de la roue excentrique correspondant à 1 tour de celle-ci.*

### Question 31

**Représenter**, sur les deux vues de la feuille réponse, **DR7** une solution qui permet de détecter la position initiale de la roue excentrique lors du cycle de découpe et qui utilise le capteur de position donné sur **DT15** en définissant :

- la Mise en Position (MIP) et Maintien en Position (MAP) du capteur de position défini sur **DT15**.
- le système permettant d'ouvrir et fermer le capteur de position pour un tour complet de la roue excentrique (on pourra modifier les formes de la roue excentrique).



## Activité 8 - Validation de la contrainte d'autonomie

**Problématique 8 :** *On souhaite vérifier la spécification suivante, imposée par le CdCF : l'étiqueteuse doit pouvoir fournir au minimum 3 000 étiquettes en mode autonome (sur batterie).*

*Les conditions types pour évaluer la spécification d'autonomie sont les suivantes :*

- **Batterie** : 6 piles alcalines AA – 1,5V – 3 000mAh – couplage série (6S1P)
- **Étiquette** de format 24 mm x 50 mm

*On fournit sur le **DT17** les mesures (réalisées sur une maquette d'essai) et la modélisation de la consommation en courant lors de l'impression de cette étiquette.*

### Question 32

En vous référant au modèle de consommation en courant, **calculer** la valeur moyenne du courant lors du cycle complet d'éjection/impression en tenant compte d'un temps de repos de 10 s entre chaque impression ( $T_{\text{cycle}} = 16,7$  s).

### Question 33

**Calculer** la quantité d'électricité consommée (en mA.s puis en mA.h) lors de l'impression d'une étiquette.

### Question 34

**En déduire** le nombre d'étiquettes pouvant être imprimées sans changer les piles et **conclure** quant au respect de la spécification d'autonomie.

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2020
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	<b>TD 9/9</b>

SESSION 2020

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

**CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN  
MICROTECHNIQUES**

ÉPREUVE E4

**CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME  
MICROTECHNIQUE**

**IMPRIMANTE D'ÉTIQUETTE**

DOCUMENTS RÉPONSES  
A AGRAFER DANS LA FEUILLE DE COPIE

**DOSSIER RÉPONSE**

Ce dossier comporte 7 pages repérées DR1 à DR7

- **Activité 1** : Conception de l'acquisition « couleur de cassette » DR2
- **Activité 2** : Validation du moteur d'entraînement des rubans DR2
- **Activité 3** : Conception de la commande du moteur d'entraînement des rubans DR3
- **Activité 4** : Conception de la communication et du traitement de l'information DR4
- **Activité 5** : Choix du système de coupe de l'étiquette DR5
- **Activité 6** : Choix de l'actionneur de la chaîne d'énergie du coupe étiquette DR6
- **Activité 7** : Recherche d'une solution pour actionner le détecteur  
« Fin de découpe » DR7

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2020
Code de l'épreuve : 20-CDE4CP-ME1	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	<b>DR 1/7</b>

# 1 - Conception de l'acquisition « Couleur de cassette ».

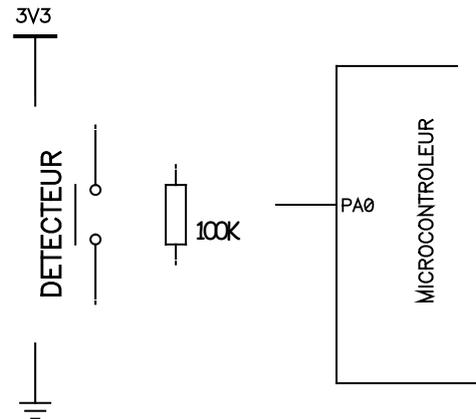
## Question 2

Type des broches du microcontrôleur pour câbler les détecteurs (rayer les propositions fausses)

1	ENTREE	SORTIE
2	ANALOGIQUE	LOGIQUE

## Question 3

Câbler un détecteur pour satisfaire ces spécifications

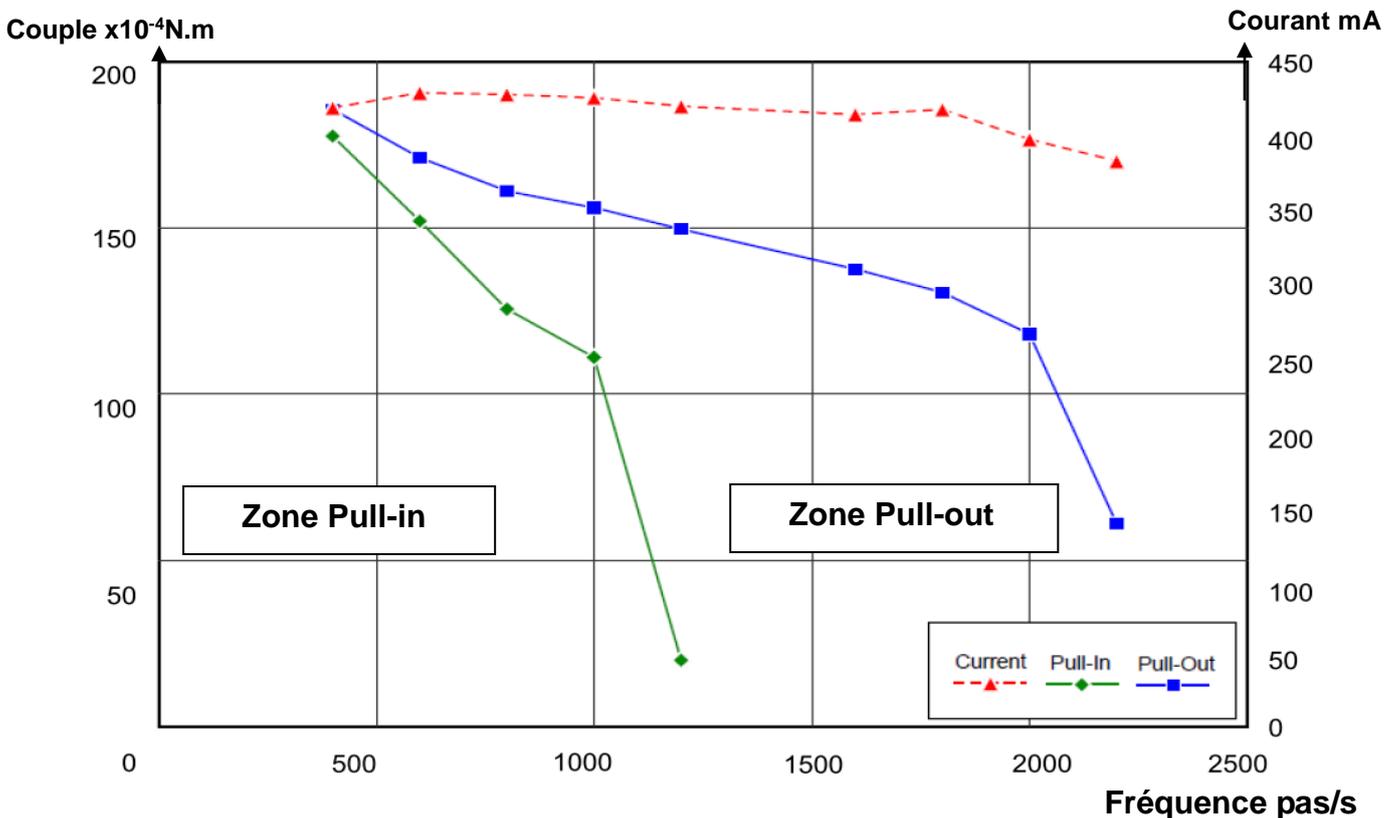


# 2 – Validation du moteur d'entraînement des rubans.

## Question 11

- Tracé du point Couple/Fréquence

### Courbe moteur : Couple et Courant = f(Fréquence des pas)



- **Pull-in (Zone de démarrage et d'arrêt)** : plage de fréquence des pas dans laquelle le moteur peut démarrer ou s'arrêter sans perte de pas, donnée en fonction du couple à fournir.
- **Pull-out (Zone d'entraînement)** : plage de fréquence des pas dans laquelle le moteur peut être entraîné sans perte de pas, donnée en fonction du couple à fournir. Dans cette zone, le moteur ne peut ni démarrer ni s'arrêter sans perte de pas.



## 4 – Conception de la communication et du traitement de l'information.

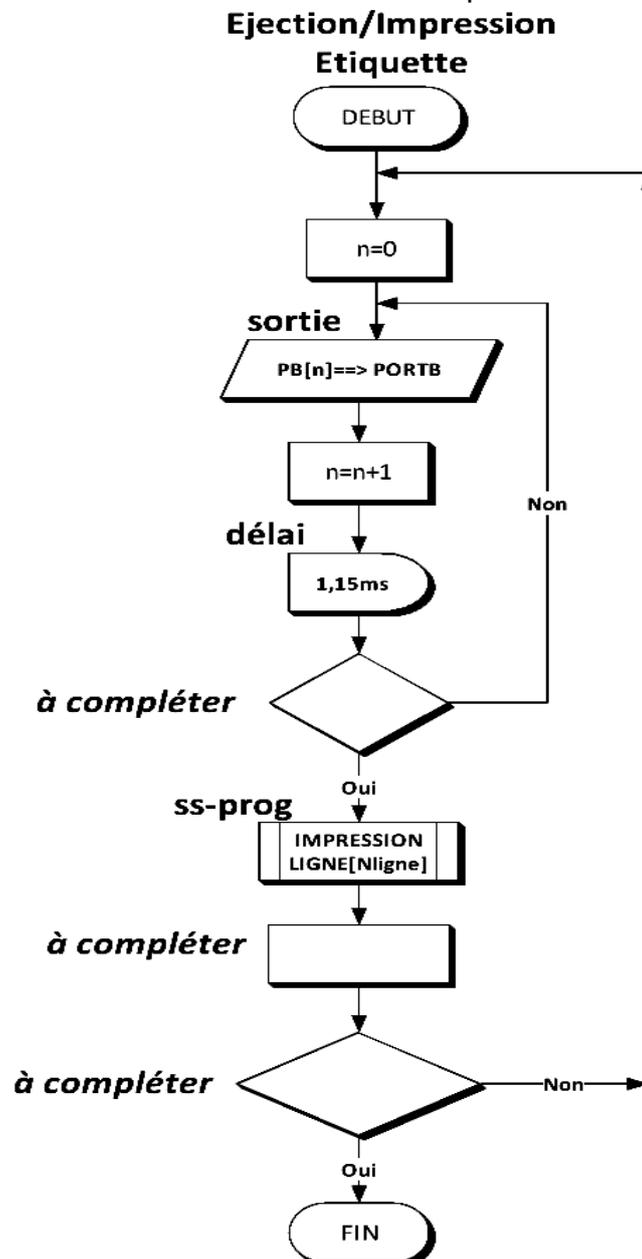
### Question 17

A partir du DT10 du moteur pas à pas, **compléter** les 2 dernières lignes du tableau ci-dessous :

n	LIGNE PB[n]	PHASE B		PHASE A	
		PB3 B3 - YELLOW	PB2 B1 - ORANGE	PB1 A3 - BROWN	PB0 A1 - BLACK
0	1001	1	0	0	1
1	0101	0	1	0	1
2					
3					

### Question 18

**Compléter** l'algorithme de la tâche Entraînement/Impression Etiquette :



## 5 – Choix du système de coupe de l'étiquette

### Problématique 5 :

A partir d'un panel de solutions différentes répondant au besoin initial, on souhaite faire un choix d'une solution adaptée de conception préliminaire.

**Critères pour un choix crédible :** les solutions 1 à 3 sont à l'état de conception préliminaire (descriptifs réalisés dans le dossier technique de **DT11** à **DT13**). Il reste donc à évaluer la capacité de chaque solution à répondre au besoin client : découper l'étiquette imprimée.

**On propose donc les 3 critères de choix suivants :**

Critère 1 : l'inversion ou non du sens de rotation moteur (suivant les solutions données)

Critère 2 : le couple Roue excentrique nécessaire pour réaliser la découpe de l'étiquette.

Critère 3 : la complexité relative du mécanisme liée à l'estimation du nombre de composants, au nombre de liaisons à réaliser ainsi qu'à la difficulté de la réalisation de ces liaisons.

### Question 23

*Recherche d'une solution adaptée de conception préliminaire*

Notation pour chaque critère = 1 mauvais - 2 moyen - 3 bon - 4 très bon

<b>Solution :</b>	<b>N°1 : ENGRENAGE</b>	<b>N°2 : PIGNON - CREMAILLE</b>	<b>N°3 : EXCENTRIQUE- LEVIER RAINURE OBLONGUE</b>
<b>Critères Choix</b>			
<b>Critère 1 : inversion ou non rotation moteur</b>			
<b>Critère 2 : Couple Roue excentrique nécessaire</b>			
<b>Critère 3: complexité relative du mécanisme</b>			
<b>Synthèse</b> (somme)			
<b>Classement</b> (1° à 3°)			

## 6 – Choix de l'actionneur de la chaîne d'énergie du coupe étiquette

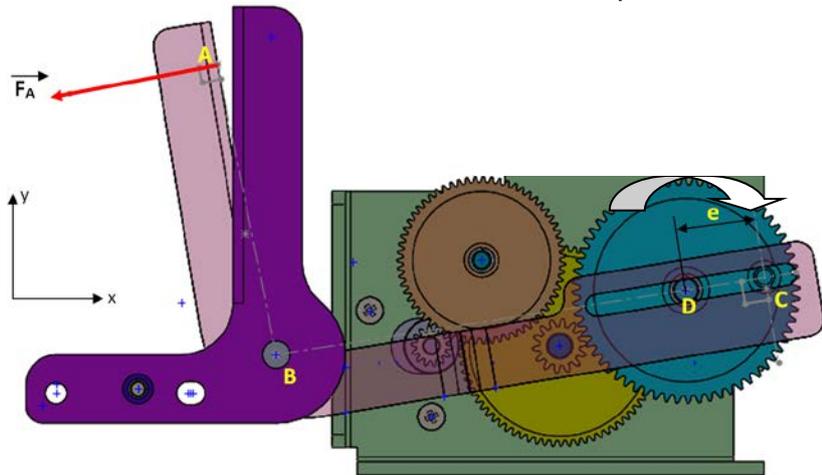
### Question 24

24.1) Tracer pour les deux cas de figure ci-dessous l'effort en C dû à la roue excentrique 3

noté  $\vec{C}_{3 \rightarrow 4}$ .

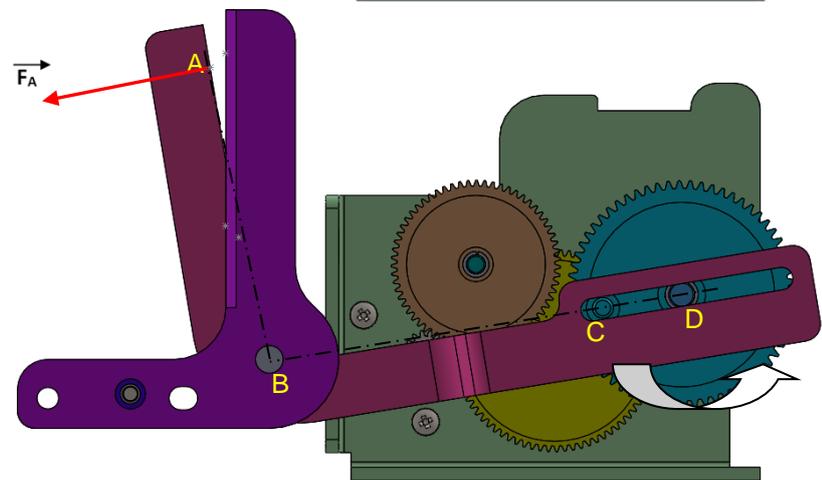
- Figure a :

sens de rotation de la roue excentrique (sens horaire)  
et axe excentrique à droite.



- Figure b :

sens de rotation de la roue excentrique (sens trigo)  
et axe excentrique à gauche.



### Question 30

Pour $C_m = 0.5 \text{ N.mm}$	Moteur Mabuchi RF-300EA-1D390	Moteur Mabuchi RF-300EA-8Z485	Moteur DC-Maxon RE10-118387
N (tr/mn)	5780 tr/mn		5900 tr/mn
I (mA)	110mA		130mA
P (mW)	330 mW		350 mW

VALIDE

NON VALIDE

**REFERENCES MOTEUR :**

**JUSTIFICATIONS :**

## 7 – Recherche d’une solution pour actionner le détecteur « Fin de Découpe »

### Question 31

**Représenter**, sur les deux vues de la feuille réponse, **DR7** une solution qui permet de détecter la position initiale de la roue à excentrique lors du cycle de découpe et qui utilise le capteur de position donné sur **DT15** en définissant :

- la Mise en Position (MIP) et Maintien en Position (MAP) du capteur de position défini sur **DT15**.
- le système permettant d’ouvrir et fermer le capteur de position pour un tour complet de la roue excentrique (on pourra modifier les formes de la roue excentrique).

Echelle 3:2

