

**BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL**  
**Artisanat et Métiers d'Art : HORLOGERIE**

**E1 : ÉPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**

**Sous-épreuve A1 – U11 : ANALYSE D'UN SYSTÈME TECHNIQUE**

Durée : 4 Heures

Coefficient : 2,5

Composition du sujet : le sujet comporte :

- ✦ Un dossier technique comportant :  
Documents techniques 1 à 3
  
- ✦ Un dossier ressource comportant :  
Document ressource 1 : le schéma de la chaîne cinématique  
Document ressource 2 : la présentation d'un inverseur  
Document ressource 3 : les couples transmis par le barillet à la fusée  
Document ressource 4 : le sous-ensemble fusée  
Document ressource 5 : les normes CETEHOR 1034 et NIHS 59-10  
Document ressource 6 : le schéma technologique de la solution à concevoir  
et la vis à portée
  
- ✦ Un dossier réponse comportant :  
Documents réponses 1 à 4 :  
Ces documents devront être obligatoirement rendus complétés ou non
  
- ✦ Un sujet

Sont autorisés : les calculatrices autonomes programmables

Le matériel habituel du dessinateur

Un jeu de crayons de couleur (bleu, vert )

***Vous devez rendre à l'issue de l'épreuve le dossier réponse complètement***

SUJET

**Mise en situation :**

Le support étudié est la montre « *Berthoud automatique à rotor et à roue de rencontre* » présentée dans le dossier technique et plus particulièrement son mécanisme de remontage automatique, allié à un corps de fusée, permettant à la montre de fonctionner même lors de son remontage.

L'étude consiste à comprendre le fonctionnement de cette montre « historique » et à proposer une autre solution de guidage en rotation du pignon satellite.

Le sujet comporte quatre parties 1 à 4 indépendantes; il est toutefois recommandé de traiter les parties chronologiquement.

Les réponses sont à apporter sur les documents du dossier réponse (Document réponse 1 à 4).

Les ressources disponibles le sont dans le dossier ressource (documents ressources 1 à 6).

**Partie N°1 : Découverte du mouvement**

Sur 10 points / 80

**Question 1 :** A l'aide du *document ressource 1* (schéma de la chaîne cinématique), répondre aux questions posées ci-dessous sur le Document Réponse 1 :

- ✓ calculer le rapport  $r_1$  ( $r_1 = \omega_{\text{mobile relais}} / \omega_{\text{rotor}}$ ) ;
- ✓ calculer le rapport  $r_2$  ( $r_2 = \omega_{\text{rochet d'armage}} / \omega_{\text{mobile relais}}$ ) ;
- ✓ calculer  $r_3$  ( $r_3 = \omega_{\text{mobile de champ}} / \omega_{\text{roue de fusée}}$ ) ;
- ✓ calculer le nombre d'alternances par heure noté Alt/h.

*Vous ferez apparaître les calculs permettant les déterminations*

**Partie N°2 : Étude de la transmission par inverseurs**

Sur 19 Points / 80

A l'aide du *document ressource 2*, répondre aux questions posées ci-dessous sur le Document Réponse 2 :

**Question 2 :** Sur la vue de dessus, du dessin du sous-ensemble du Document Réponse 2, pour un sens de rotation direct du rotor, placer en vert les sens de rotation des pièces, du rotor au rochet d'armage (avec la roue d'inverseur 2).

**Question 3 :** Pour un sens de rotation indirect du rotor :

- ✓ Dans le cadre 1 du Document Réponse 2, réaliser la chaîne cinématique détaillée du rotor au rochet d'armage;
- ✓ Placer en bleu, sur le dessin du sous-ensemble, en vue de dessus, du Document Réponse 2, le sens de rotation du rochet d'armage.

**Question 4 :** Dans le cadre 2 du Document Réponse 2, justifier l'existence des deux inverseurs (répondez par une phrase ).

**Question 5 :** A l'aide du *document ressource 2* présentant le croquis de principe d'un inverseur, dans le cadre 3 du Document Réponse 2 :

- ✓ compléter le croquis de principe de la transmission en plaçant les deux inverseurs ;
- ✓ sur le croquis complété précédemment, pour un sens de rotation indirect du rotor, préciser les phases des inverseurs (cliquetage ou décliquetage) ;
- ✓ sur le croquis complété précédemment, placer en bleu les sens de rotation des pièces de la roue d'inverseur liée au rotor au rochet d'armage.

### **Partie N°3 : Étude des couples disponibles**

*Sur 15 Points /80*

A l'aide du *document ressource 3* et du dossier technique, répondre aux questions posées ci-dessous sur le Document Réponse 3 :

#### **Question 6: détermination des couples transmis par le barillet**

A partir du *document ressource 3*, dans le cadre 1 (diagramme du ressort de barillet de la montre) du Document Réponse 3:

- ✓ par lecture graphique, en suivant l'échelle proposée, donner les valeurs de chacun des couples en les écrivant sur le graphe.

#### **Question 7 : détermination des couples transmis par le corps de fusée**

A partir du *document ressource 3*, du dossier technique et des résultats trouvés précédemment, sur le Document Réponse 3:

- ✓ calculer les couples disponibles au niveau du corps de fusée :  $C_{fb}$ ,  $C_{fh}$  et  $C_{f36h}$  ;
- ✓ donner l'intérêt d'utiliser un corps de fusée.

**Partie N°4 : Conception - définition d'un nouveau pignon satellite***Sur 36 Points /80*

*Le guidage en rotation du pignon satellite rep 3 (voir document ressource 4) est réalisé par une goupille rep 4 dans le sujet proposé ; la solution réelle (celle retrouvée dans la montre Berthoud) est un guidage par vis dont la tête est noyée dans la partie supérieure du corps de fusée et son extrémité est un bout à pivot plat guidant le pignon satellite.*

*Ces deux solutions sont parfaitement fonctionnelles et nous vous demandons de concevoir une troisième solution de guidage à partir des ressources à disposition.*

A l'aide des *documents ressource 4, 5 et 6*, répondre aux questions posées ci-dessous sur le Document Réponse 4 :

**Question 8 : conception du nouveau guidage en rotation du pignon satellite**

*Remarque : le nouveau pignon satellite conserve les caractéristiques de dentures du pignon présenté dans le sujet, soit :  $Z = 10$  ;  $d = 3.2 \text{ mm}$ ;  $d_a = 3.84 \text{ mm}$  et  $d_f = 2.40 \text{ mm}$ .*

À partir des *documents ressource 5 (tableaux de normes) et 6 (schéma technologique de la solution à concevoir et vis à portée à utiliser)* sur le Document Réponse 4 , cadre 1:

- ✓ concevoir le guidage du nouveau pignon satellite ;
- ✓ établir la chaîne de cote issue du jeu axial Ja ;
- ✓ Dans le cadre 2, déterminer les cotes fonctionnelles du pignon satellite conçu.

**Question 9 : définition du nouveau pignon satellite**

A partir du travail effectué précédemment, sur le Document Réponse 4 , cadre 3 :

- ✓ Réaliser, aux instruments à l'échelle 30:1 , le dessin de définition du nouveau pignon satellite ;
- ✓ Placer sur le dessin les cotes fonctionnelles et la cote diamétrale du lamage réalisé ;
- ✓ Spécifier sur le dessin de définition, la tolérance géométrique qui vous semble appropriée entre l'alésage et la denture (on notera la valeur de la tolérance : t).

# Dossier Technique

# DOCUMENT TECHNIQUE 1

« 1778 : Hubert Sarton à l'origine de la montre automatique « à rotor » »  
( Joseph Flores : horloger retraité, prix Gaïa 1998, catégorie Histoire)

La montre présentée dans le sujet est une montre « historique » de part les solutions techniques retenues pour son fonctionnement (toutes les automatiques construites actuellement le sont sur la base des solutions de la montre présentée, ces solutions ont grandement développé l'économie horlogère, en générant emplois et retombées financières) et de part sa récente découverte par Monsieur Joseph Flores .

## un peu d'histoire

1952 : une montre de la collection L.LEROY est attribuée à Abraham-Louis Perrelet , par Alfred Chapuis et Eugène Jaquet, dans leur ouvrage « la montre automatique ancienne, un siècle et demi d'histoire 1770/1931 » ;

en 1958 : une édition du livre de 1952 est éditée en anglais, les auteurs ont intégré in extenso, mais traduit en anglais, un document de l'Académie française, jusqu'ici à peine évoqué, le commentaire sur ce texte est très succinct et laisse transparaitre un sentiment d'inachevé et l'espoir pour ce grand historien de l'horlogerie, que fut Alfred Chapuis, de voir l'*Histoire* se compléter.

En 1993 : mise en comparaison par Joseph Flores d'un rapport (déposé le 19/12/1778 par Hubert Sarton à l'Académie Française des Sciences présentant un mécanisme qui «va constamment par l'effet d'une masse, agitée par le mouvement qu'on se donne en marchant») et l'édition d'un catalogue présentant une photo du mécanisme (fig.1) attribué à Perrelet par Alfred Chapuis et Eugène Jaquet, ce qui a conduit J.Flores à contester ce « fait » historique.

En 1995 : découverte par Joseph Flores dans un Musée en Hollande (Musée de Schoonhoven) d'une montre à rotor (fig. 2) avec un échappement à roue de rencontre

En 2001: écriture, par J.Flores, de l'ouvrage présentant les mises en comparaison des mouvements « Perpétuelles à roue de rencontre Montres automatiques, une page d'histoire... »

En 2004 : présentation de Joseph Flores de ses travaux au congrès International de Chronométrie de Montreux (Suisse).

Fig.1

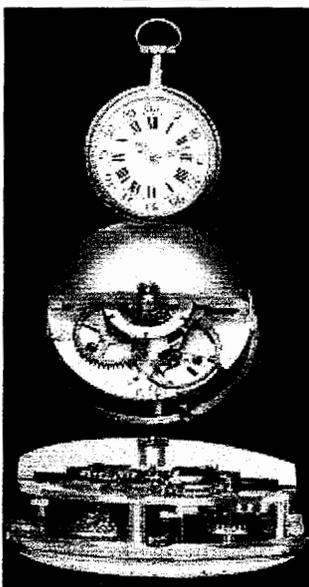


Fig.2



# DOCUMENT TECHNIQUE 2



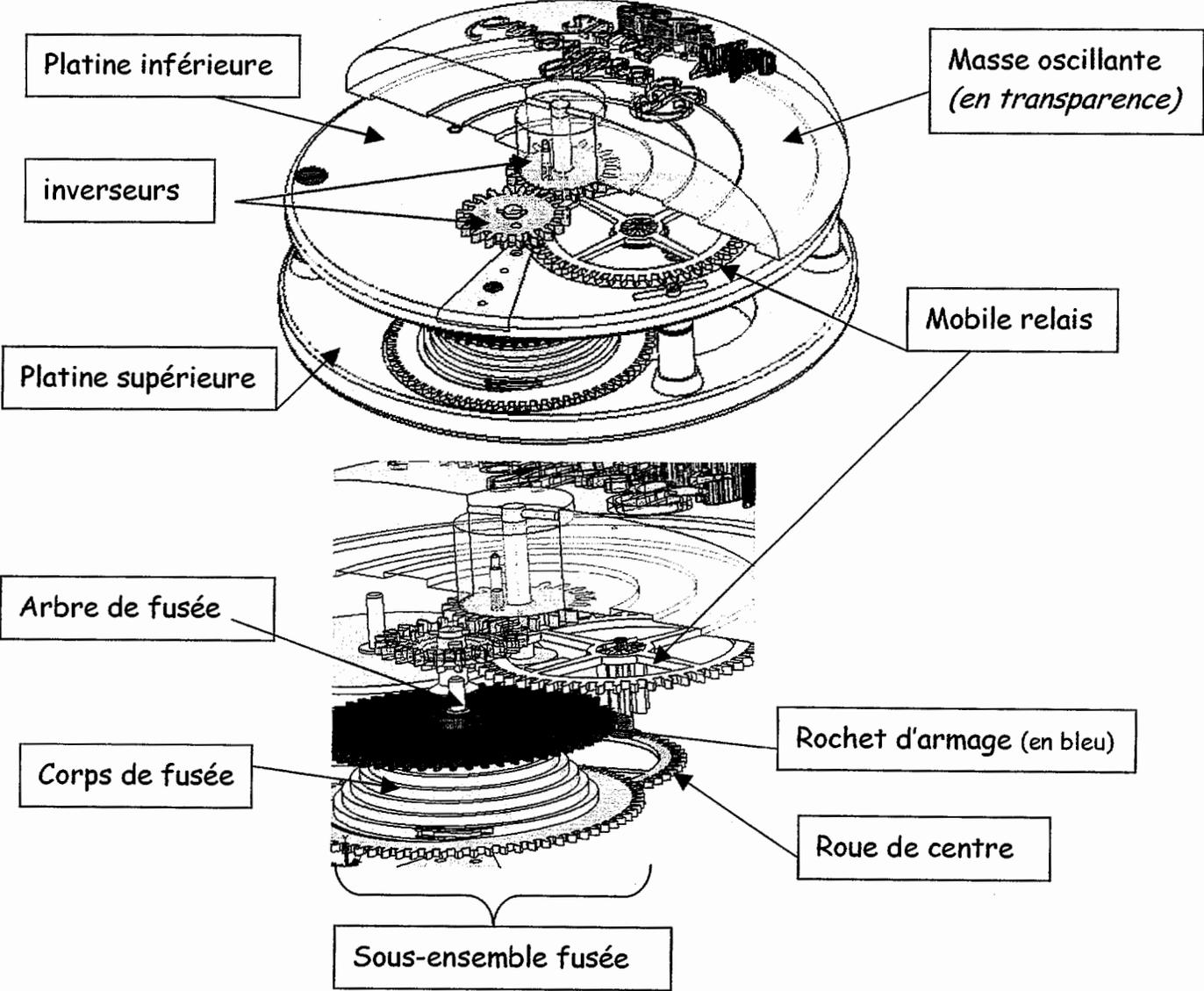
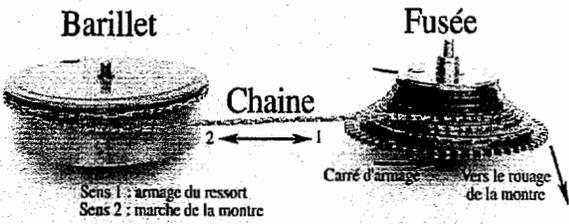
## LE MOUVEMENT « Montre Berthoud »

Il s'agit d'un mouvement avec un échappement à roue de rencontre, d'organe moteur un barillet avec ressort, entraînant, via une chaîne, un corps de fusée transmettant le mouvement au rouage de transmission.

Le **remontage automatique** est réalisé par une masse oscillante tournant autour de l'axe principal de la montre, deux inverseurs transforment le mouvement de rotation alternatif du rotor en un mouvement continu transmis au mobile relais, celui-ci entraînant en rotation le rochet d'armage lié à l'arbre de la fusée. Le mouvement est transmis au corps de fusée armant ainsi le barillet via la chaîne.

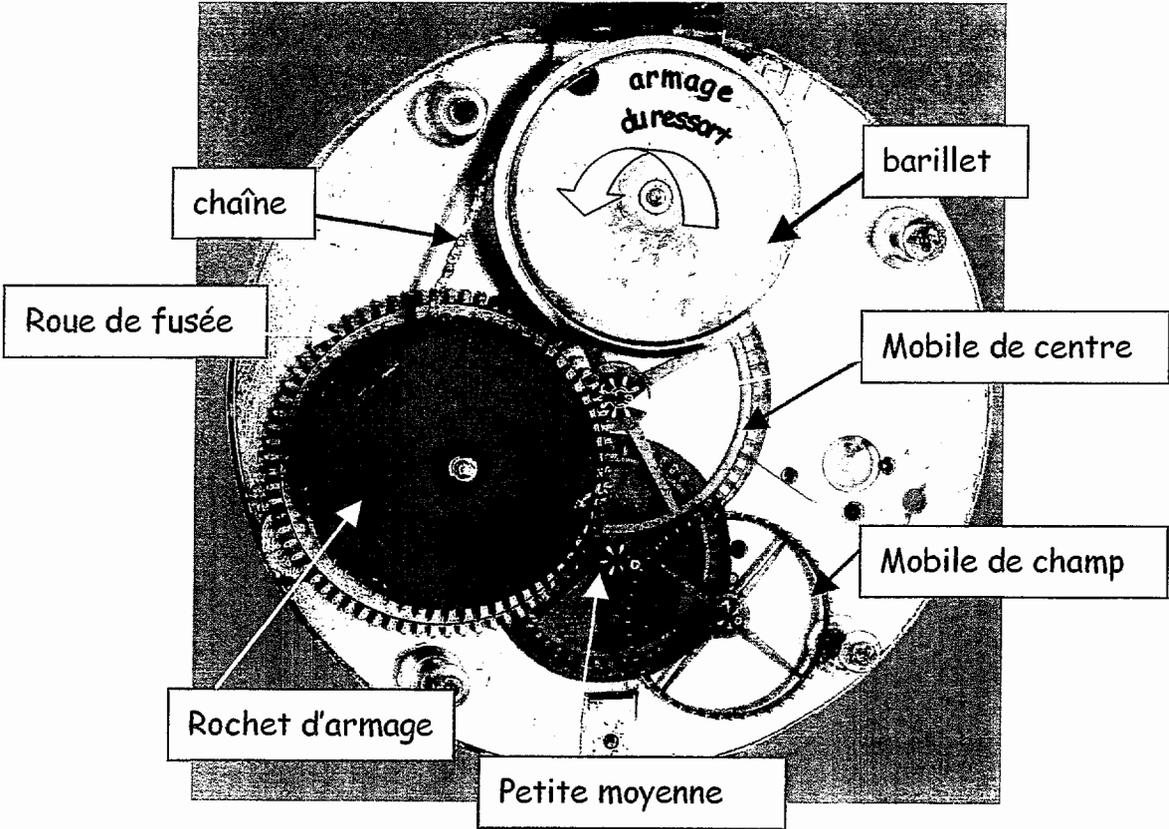
Disposition classique du barillet et de la fusée

L'organe moteur

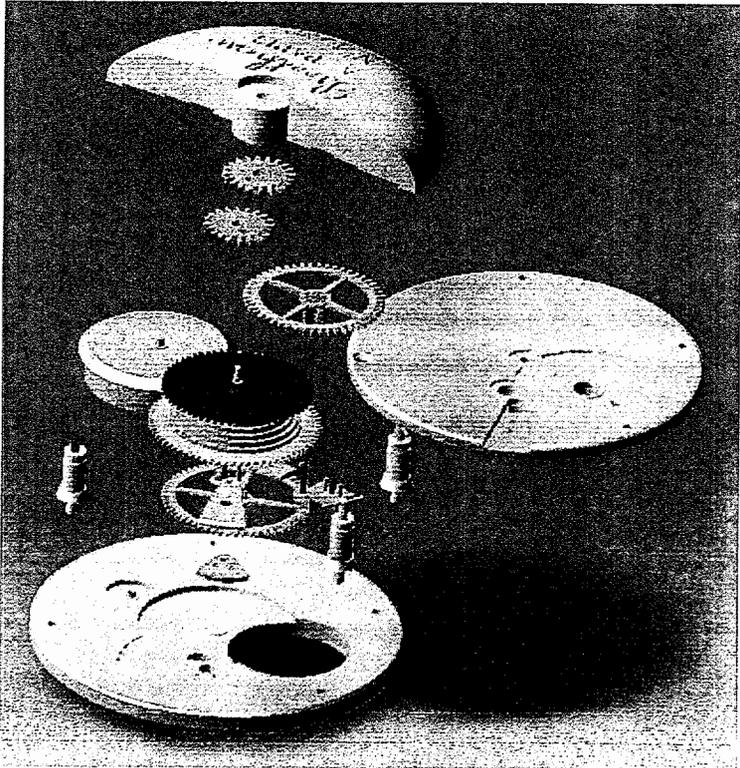


# DOCUMENT TECHNIQUE 3

Photographie du mouvement  
(platine inférieure, roue de rencontre et mécanisme de remontage automatique enlevés)



ECLATÉ du mouvement (mécanisme de remontage automatique et organe moteur sans la chaîne )



Dossier Réponse

à rendre complètement

# Document Réponse 1

## Question 1 :

✓ Rapport r1

r1 = .....

✓ Rapport r2

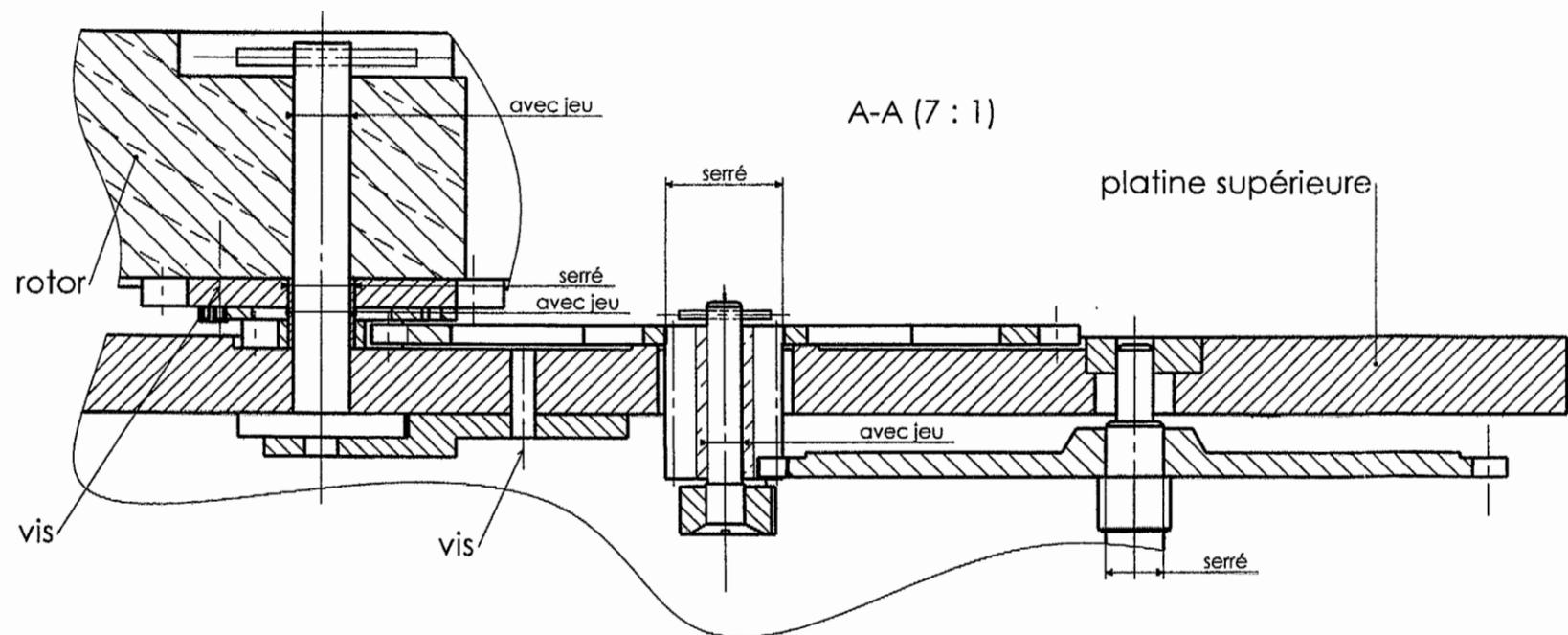
r2 = .....

✓ Rapport r 3

r3 = .....

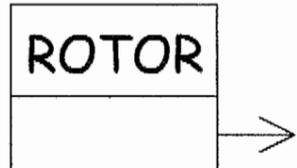
✓ Nombre d'alternances par heure

Alt/h = .....



cadre 1

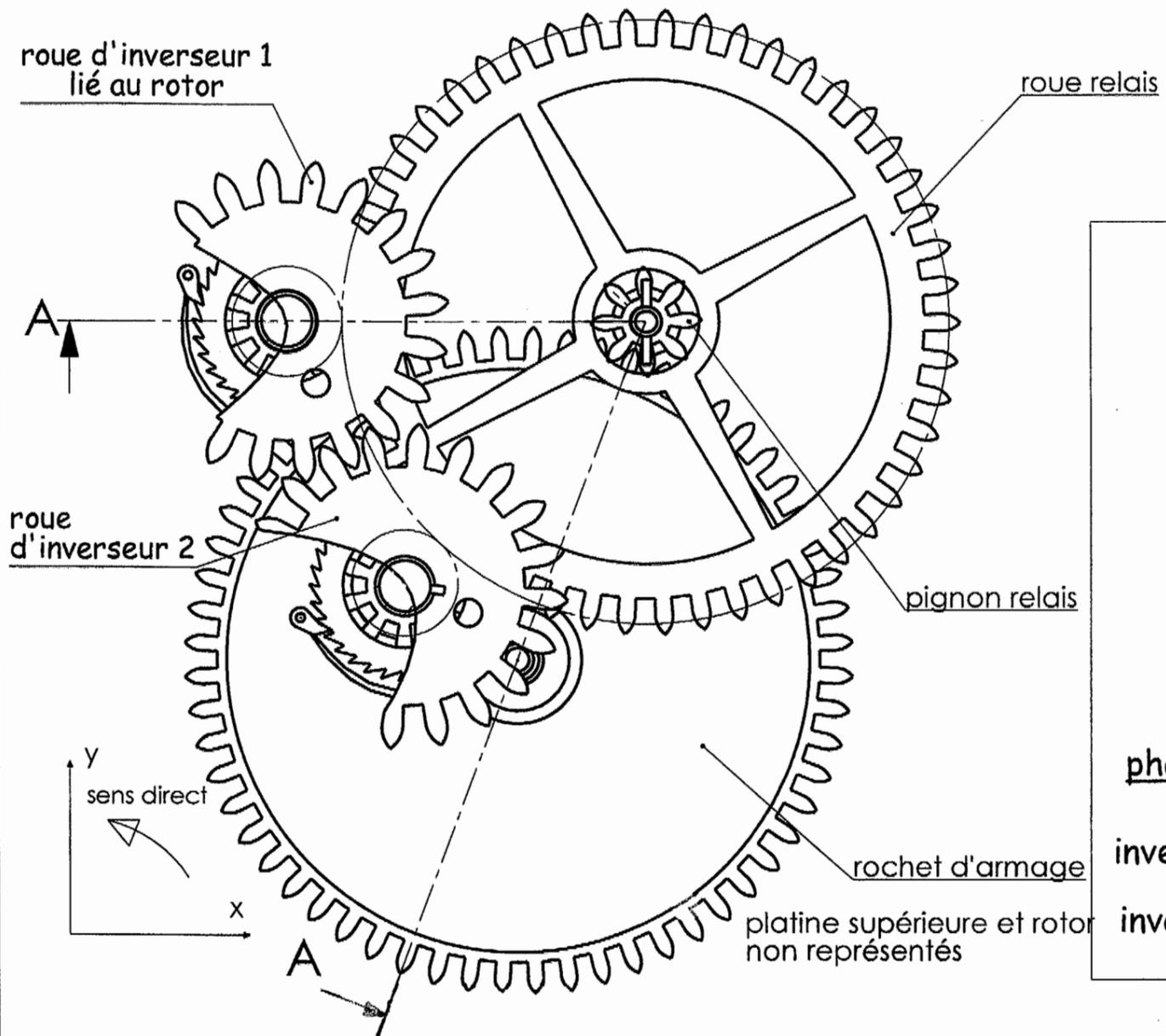
chaîne cinématique pour un sens de rotation indirect du rotor



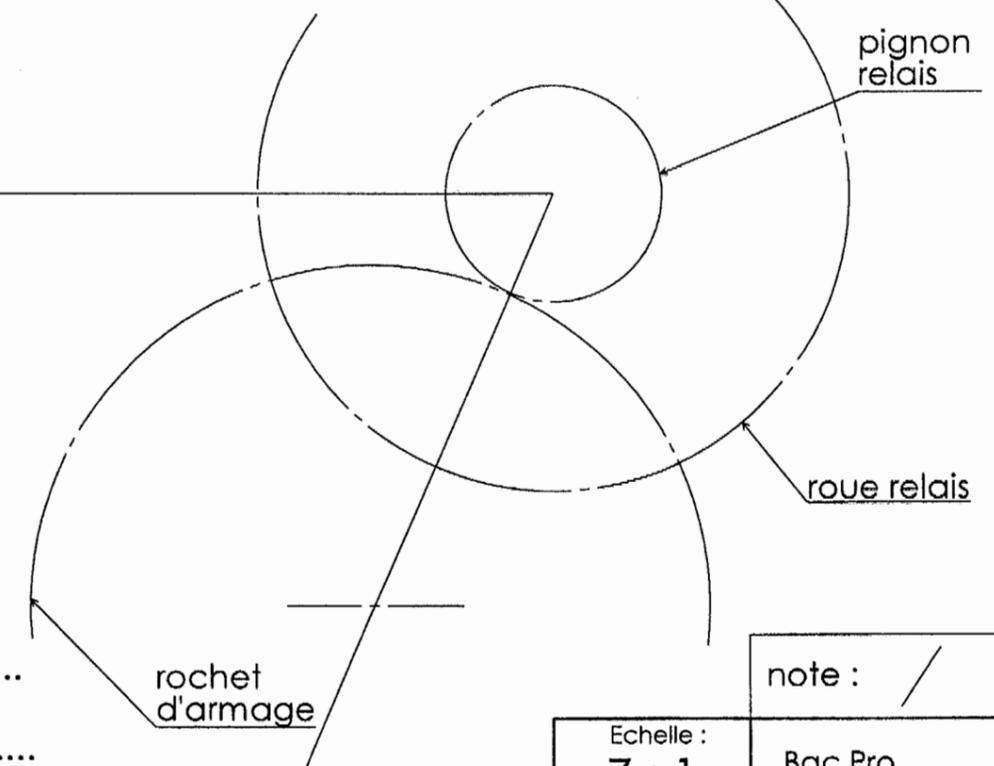
justification de l'existence de deux inverseurs **cadre 2**

-----

-----



croquis de principe de la transmission **cadre 3**



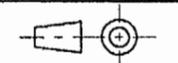
phases des inverseurs

inverseur 1 en .....

inverseur 2 en .....

note : /

Echelle :  
7:1



A3H

Bac Pro  
Artisanat et  
Métiers d'Art  
HORLOGERIE

DOCUMENT Réponse 2

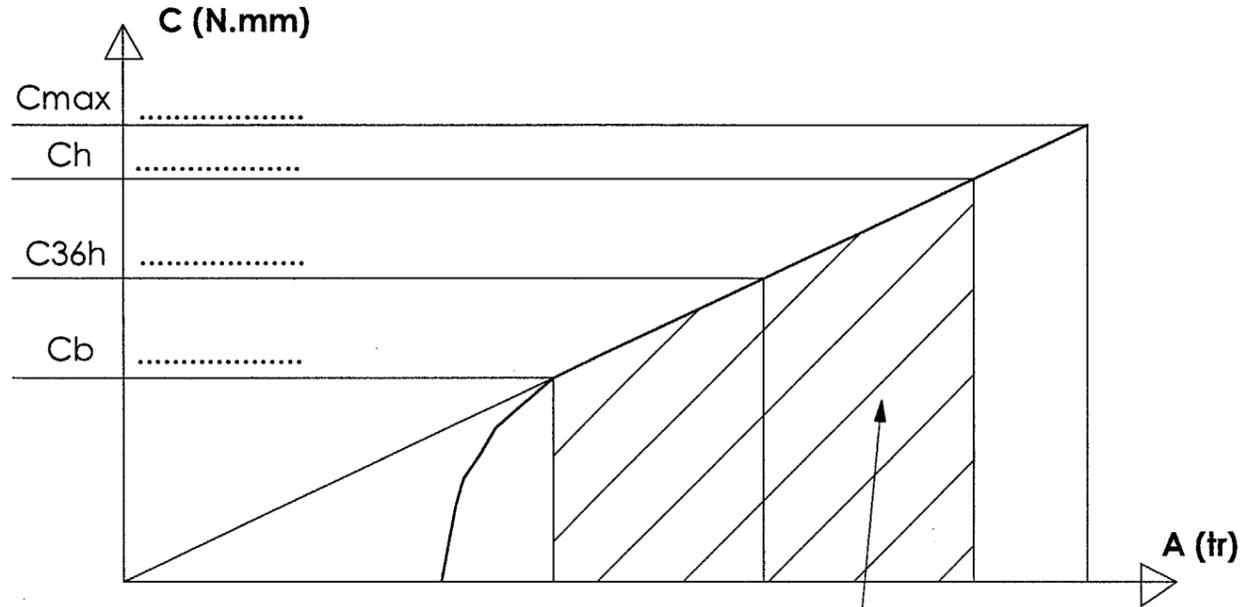
Partie 2

Analyse d'un système technique

# CADRE 1

## Diagramme du ressort de barillet de la montre

couples transmis par le ressort de barillet



Echelle des couples 10 mm dessin = 4 N.mm

Zone utile correspondant à la durée de marche de 72 H

Nombre de tours du barillet

### Question 7 :

✓ Détermination de  $C_{fb}$

$C_{fb} = \dots\dots\dots \text{N.mm.}$

✓ Détermination de  $C_{fh}$

$C_{fh} = \dots\dots\dots \text{N.mm}$

✓ Détermination de  $C_{f36h}$

$C_{f36h} = \dots\dots\dots \text{N.mm}$

✓ Intérêt d'utiliser un corps de fusée

.....

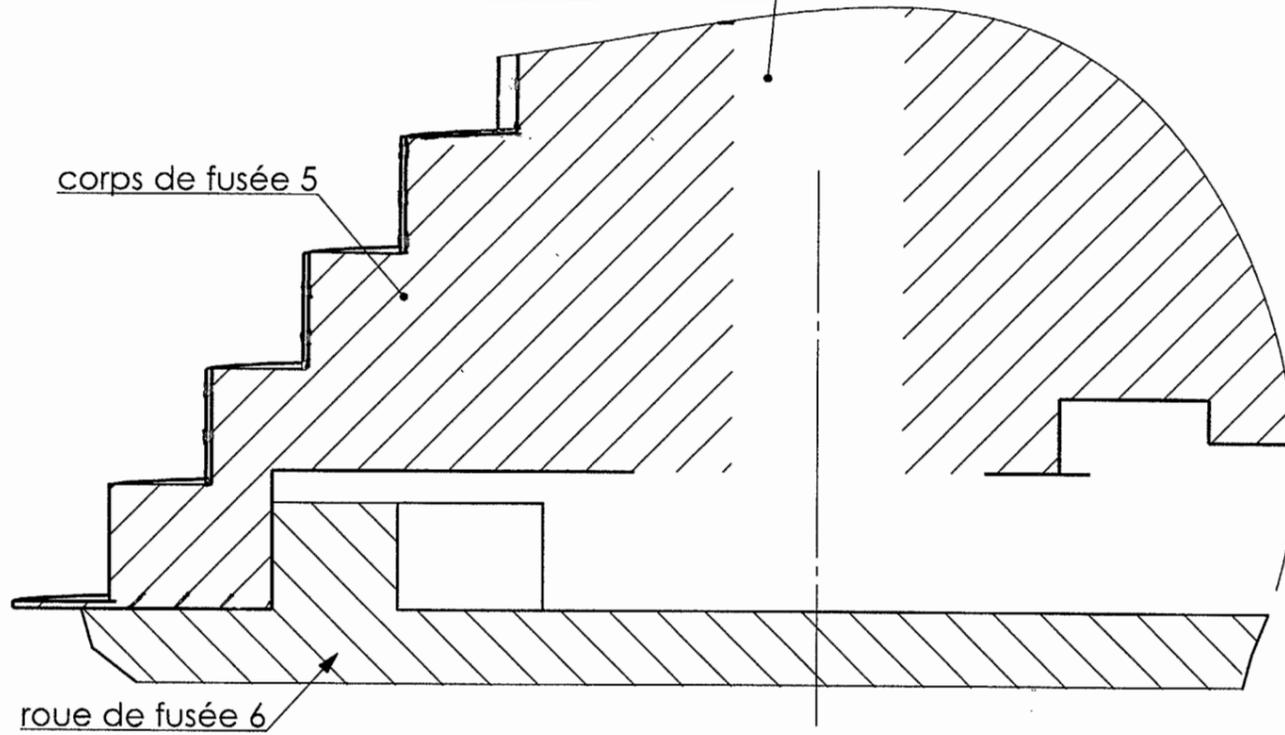
.....

.....

partie à concevoir  
guidage en rotation du nouveau pignon satellite 3

cadre 1

cadre 3



Ech (30 : 1)

Dessin de définition coté partiellement  
du nouveau pignon satellite 3

Détermination des cotes fonctionnelles

cadre 2

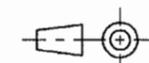
1. issu de l'ajustement entre 4 et 3 :

2. issu du jeu fonctionnel Ja :

DOCUMENT Réponse 4

Echelle :  
30 : 1

Partie 4



Analyse d'un système technique

A3H

Bac Pro  
Artisanat et  
Métiers d'Art  
HORLOGERIE