

Notice technique - Horloge Mécanique V2 DIY

Date : 17 juin 2025

Référence : Horloge mécanique - Modèle personnalisé

⚠ Avertissement de sécurité – Système gravitaire mécanique.....	1
1. VUE D'ENSEMBLE DU SYSTÈME.....	2
1.1. Principe de fonctionnement globale.....	2
1.2. Fonctionnalités principales.....	3
1.3. Spécifications techniques.....	3
1.4. Avantages.....	4
2. RÉSUMÉ DES COMPOSANTS.....	4
3. OBJECTIFS FONCTIONNELS PAR COMPOSANT.....	5
3.1. Pendule de l'ancre - Détails : Figure 2 [image], Annexe A1 [explications].....	5
3.2. Roue d'échappement (Escape Wheel) - Détails : Figure 2 [image], Annexe A2 [explications].....	6
3.3. Transmission par chaîne - Détails : Figure 12 [image], Annexe A3 [explications].....	7
3.4. Structure porteuse de charge (voir Figure 5).....	7
4. RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION ET DE MATÉRIAUX.....	8
5. CHOIX TECHNIQUE DE L'ASSOCIATION NIRIS.....	8
5.1. Matériaux des composants essentiels.....	8
5.2. Technique de production des composants essentiels.....	9
6. GUIDE D'ASSEMBLAGE DÉTAILLÉ.....	13
6.1. Matériel requis.....	13
6.2. Étapes d'assemblage.....	14
7. PRÉCAUTIONS ET SÉCURITÉ.....	22
7.1. Manipulation.....	22
7.2. Utilisation.....	22
7.3. Maintenance.....	22
8. CONCLUSION.....	23
GLOSSAIRE.....	25
ANNEXE.....	26
ANNEXE A1 : PENDULE.....	26
ANNEXE A2 : Roue d'échappement.....	27
ANNEXE A3 : ÉTAGE DE TRANSMISSION.....	29



! Avertissement de sécurité – Système gravitaire mécanique

Ce système fonctionne uniquement par gravité et mécanique lente, sans aucune motorisation ni mouvement à haute énergie. Il utilise une masse de 40 kg suspendue à environ 4,5 m de hauteur, entraînant une horloge mécanique chargée d'augmenter le couple et de fournir une fréquence de rotation régulière. Son fonctionnement est stable et prévisible lorsqu'il est utilisé conformément aux consignes.

Manipulation de la masse

Le risque identifié concerne la manipulation de la masse suspendue. Avant toute opération de maintenance ou d'ajustement, la masse doit être reposée au sol ou maintenue mécaniquement.

Il est strictement déconseillé de se placer sous la masse pendant sa suspension. Une mauvaise manœuvre pourrait entraîner une chute du poids, endommageant la structure ou la masse elle-même.

En usage normal, une fois le système engagé, aucun risque particulier n'est présent.

Sécurité de l'horloge mécanique

L'horloge est un système mécanique lent, sans énergie cinétique dangereuse en fonctionnement normal. Toutefois, il est impératif de ne jamais effectuer de réglage, démontage ou intervention sur l'horloge tant que la masse est suspendue et exerce une tension sur le mécanisme. Avant toute opération, la masse doit être reposée au sol ou sécurisée mécaniquement, afin d'éliminer toute contrainte sur les engrenages et axes. Une fois la masse neutralisée, l'horloge peut être manipulée sans danger.



1. VUE D'ENSEMBLE DU SYSTÈME

L'horloge mécanique est le cœur du système de rotation horaire du concentrateur parabolique solaire. Entièrement autonome, elle utilise l'énergie gravitationnelle d'un poids suspendu et un mécanisme régulé par pendule¹ pour produire une rotation constante et lente.

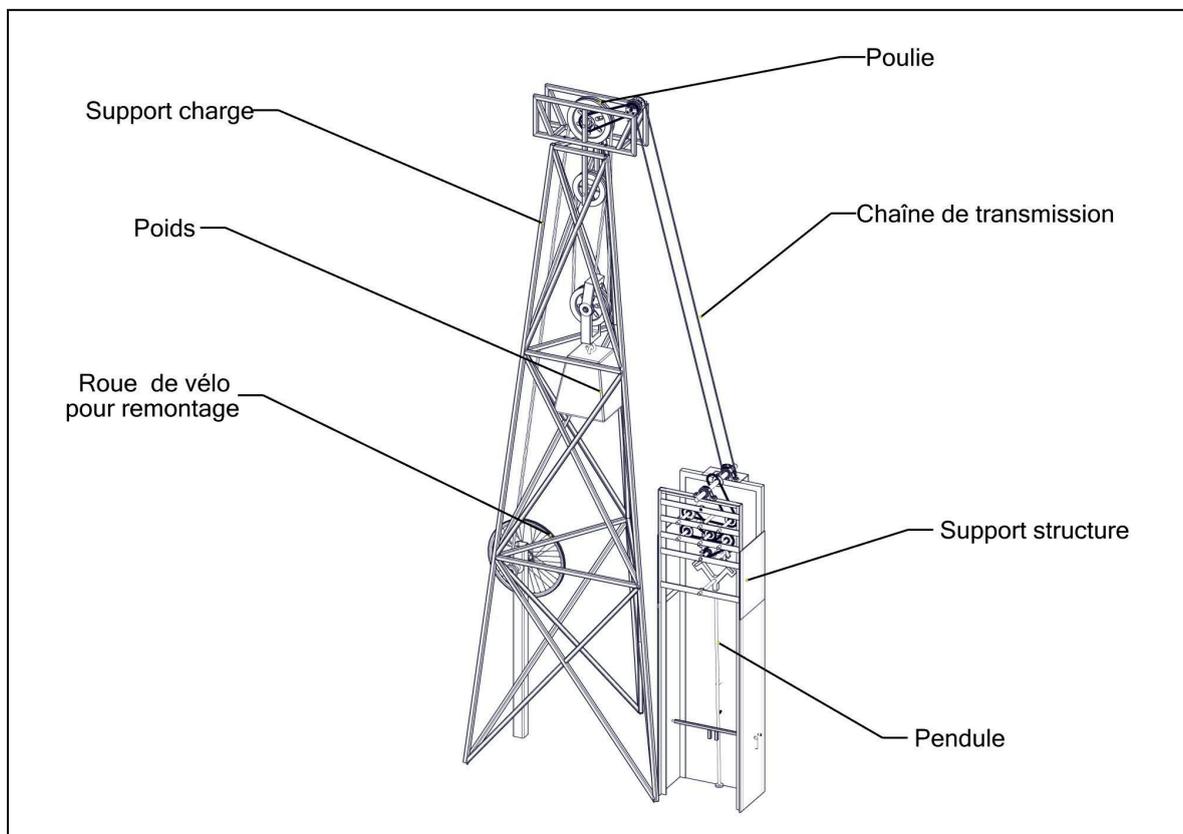


Figure 1 : Vue d'ensemble de l'horloge

1.1. Principe de fonctionnement globale

Le système repose sur l'oscillation d'un pendule couplé à une roue d'échappement, libérant à chaque battement une impulsion mécanique régulière. Cette impulsion est transmise à une chaîne de transmission qui convertit la

¹ [Pendule](#)



libération cadencée de l'énergie gravitationnelle du poids suspendu en une rotation lente et continue. Un ensemble de roues libres, d'arbres de transmission et de guides mécaniques permet de transférer ce mouvement vers la demi-sphère, assurant ainsi le suivi du soleil sans besoin d'électricité.

1.2. Fonctionnalités principales

- Rotation constante de 18 seconde par tour de la roue d'échappement²
- Système d'échappement³ à ancre⁴ avec pendule régulateur
- Transmission mécanique par chaîne, roues et poids
- Fonctionnement sans alimentation électrique

1.3. Spécifications techniques

- **Désignation** : Horloge mécanique
- **Autonomie de fonctionnement** : 10 heures
- **Source d'énergie** : Poids suspendu de 40 kg
- **Dimensions de base** :
 - Structure de l'horloge : 60 cm × 60 cm × 2,25 m
 - Pilier support de charge : Hauteur de 4,5 m.
- **Poids total** : 65 kg
- **Composants de régulation** :
 - **Pendule** : Longueur de 1,5 m (période d'oscillation⁵ ~2,5 s).
 - **Roue d'échappement (Roue d'échappement)** : 15 dents , rotation complète en 18,75 secondes (soit 3,2 tours/minute)
- **Composants de transmission** :
 - **Chaîne** : Longueur totale de 12 m.
 - **Roues libres** : 12 unités.
 - **Rapport de transmission final** : $\approx 0,003$, calculé pour atteindre l'autonomie de 10 heures.

² [Roue d'échappement](#)

³ [Echappement](#)

⁴ [Ancre](#)

⁵ [Période d'oscillation](#)



1.4. Avantages

- **Autonomie énergétique** : zéro consommation électrique
- **Précision** : régulation stable assurée par le pendule
- **Durabilité** : composants robustes et faciles à entretenir

2. RÉSUMÉ DES COMPOSANTS

Cette section présente le résumé technique des composants essentiels du système.

Description	Point de vigilance
I- Pendule de l'ancre	
<ul style="list-style-type: none">❖ Fonction principale : régulateur oscillant du système qui assure la libération rythmée de l'énergie.❖ Forme géométrique :<ul style="list-style-type: none">➢ Longueur : 1,5 m➢ Fréquence d'oscillation⁶ : 0,4 Hz	<ul style="list-style-type: none">❖ Vigilance 1 : Réglage précis de la longueur pour assurer la bonne période❖ Vigilance 2 : Minimiser les frottements au point de suspension (Voir détails dans l'annexe A1)
II- Roue d'échappement	
<ul style="list-style-type: none">❖ Fonction :<ul style="list-style-type: none">➢ Libère le mouvement par à-coups sous l'action de l'ancre➢ Permet la réduction du mouvement via train d'engrenage❖ Matériau : acier S275❖ Roue à 15 dents	<ul style="list-style-type: none">❖ Vigilance 1 : Synchronisation parfaite avec le pendule❖ Vigilance 2 : Taillage régulier et sans bavures.❖ Vigilance 3 : Matériau résistant à l'usure répétée. (Voir détails dans l'annexe A2)
III- Système de transmission par chaîne	

⁶ [Fréquence d'oscillation](#)



Description	Point de vigilance
<ul style="list-style-type: none">❖ Fonction : Assure la transmission entre l'échappement et la demi-sphère❖ Rapport de réduction $\approx 0,003$❖ Longueur de chaîne : 12 m	<ul style="list-style-type: none">❖ Vigilance 1 : Tension constante de la chaîne❖ Vigilance 2 : Éviter tout déraillement ou blocage❖ Vigilance 3 : Bien aligner les axes de rotation des roues <p>(Voir détails dans l'annexe A3)</p>
IV - Structure porteuse & support de charge	
<ul style="list-style-type: none">❖ Fonctions :<ul style="list-style-type: none">➢ Support principal de l'ensemble➢ Guide la descente du poids de 40 kg❖ Matériaux :<ul style="list-style-type: none">➢ Acier	<p>Vigilance 1 : Assurer une stabilité verticale de l'ensemble</p> <p>Vigilance 2 : Limiter les vibrations dans le système</p> <p>Vigilance 3 : Vérifier l'état du câble et des guides à chaque cycle</p>

3. OBJECTIFS FONCTIONNELS PAR COMPOSANT

Cette section vise à expliciter les fonctions techniques fondamentales que chaque composant doit satisfaire, indépendamment des choix particuliers de conception effectués par l'Association Niris. L'objectif est de permettre une adaptation locale tout en respectant les exigences de performance du système. Les choix concrets (matériaux, dimensions, procédés) sont présentés dans les sections suivantes.

3.1. Pendule à ancre - Détails : Figure 2 [[image](#)], Annexe A1 [[explications](#)])

3.1.1. Objectifs

Fournit une référence temporelle précise, essentielle pour la mesure du temps et la vitesse de rotation de la roue d'échappement. C'est à maintenir la cadence de libération de l'énergie.



3.1.2. Ancre et Palettes⁷

L'ancre est un élément fondamental du système d'échappement des horloges à pendule. Elle transmet le mouvement oscillatoire du pendule à la roue d'échappement, tout en modulant la libération de l'énergie mécanique de manière cadencée et contrôlée.

L'ancre est conçue pour osciller alternativement sous l'action du pendule, et sa géométrie permet d'interrompre puis de libérer, tour à tour, les dents de la roue d'échappement. C'est ce mouvement séquentiel qui permet de transformer le mouvement rotatif du mécanisme en un mouvement régulier et mesuré.

Elle est équipée de **deux palettes**, disposées à ses extrémités, fabriquées en acier au carbone C45 ou en rubis synthétique, ce dernier matériau étant particulièrement apprécié pour sa robustesse exceptionnelle.

Ces palettes subissent un traitement thermique par trempe et revenu, leur conférant :

- Une haute résistance à l'usure,
- Une capacité à encaisser les chocs répétés dus aux impacts successifs avec les dents de la roue d'échappement.

Les palettes sont en contact direct avec la roue d'échappement. Ce sont elles qui **bloquent** une dent pendant une fraction de seconde, puis **libèrent la suivante**, en synchronisation avec le mouvement du pendule.

3.1.3. Exigences

- Faible frottement au point de suspension
- Matériau rigide et non sujet à la dilatation

⁷ [Palette](#)



3.2. Roue d'échappement (Escape Wheel) - Détails : Figure 2 [[image](#)], Annexe A2 [[explications](#)]

3.2.1. Objectifs

Son objectif est de convertir les oscillations du pendule en rotation contrôlée.

La roue a deux fonctions :

- Libérer un cran à chaque oscillation
- Maintenir la cadence du système global

3.2.2. Exigences

- Taillage régulier des 15 dents
- Synchronisation parfaite avec l'ancre
- Résistance à l'usure cyclique
- Montage sans jeu angulaire excessif

3.3. Transmission par chaîne - Détails : Figure 12 [[image](#)], Annexe A3 [[explications](#)]

3.3.1. Objectifs

Transmettre la rotation régulée de la roue d'échappement à l'arbre de sortie, tout en assurant la descente contrôlée du poids sur une durée de 10 heures. Le rapport de réduction de 0,003 est spécifiquement calculé pour atteindre cette autonomie en ralentissant la descente du poids.

3.3.2. Exigences

- Résistance à l'allongement (acier galvanisé)
- Alignement précis des roues libres
- Lubrification et guidage régulier



3.4. Structure porteuse de charge ([voir Figure 5](#))

3.4.1. Objectifs

Maintenir la stabilité mécanique et guider la descente de la charge.

3.4.2. Exigences

- Structure rigide soudée (acier S235/S275)
- Antivibrations et ancrage stable
- Réduction des pertes d'énergie par frottement ou désalignement

4. RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION ET DE MATÉRIAUX

Composant	Recommandation matériaux	Justification technique
Pendule	Acier C45 trempé	Bonne tenue à la fatigue
Ancre	Acier trempé ou inox	Faible frottement, usure réduite
Roue d'échappement	Acier usiné	Denture adaptée, durabilité
Chaîne	Acier galvanisé	Faible allongement, bonne tenue
Support	Tube acier soudé	Résistance mécanique élevée



5. CHOIX TECHNIQUE DE L'ASSOCIATION NIRIS

5.1. Matériaux des composants essentiels

Composant	Matériaux utilisé	Justification technique
Pendule	Acier doux, tige métallique (diamètre 8 mm).	Bonne tenue à la fatigue et disponibilité
Roue d'échappement	Tôle d'acier doux épaisseur 6 mm	Facile à usiner sans utiliser de tour CNC
Support	Plaque d'acier galvanisé	Résistance mécanique élevée, économique
Support des charges	Tube d'acier 30*30*2,6	Disponible et facile à souder

5.2. Technique de production des composants essentiels

5.2.1. Pendule

- **Matériau** : Tige métallique rigide ($\varnothing 8$ mm) et un poids pour l'extrémité.
- **Instructions de fabrication** :
 - **Ancre** : Tracez et découpez une forme en Y symétrique dans une tôle d'acier pour l'ancre.
 - **Tige du pendule** : Coupez la tige à une longueur légèrement supérieure à 1,5 m. Cela permettra un ajustement fin ultérieur pour calibrer la période d'oscillation.
 - **Assemblage** : Fixez le poids à l'extrémité de la tige. La position du poids doit être ajustable.
- **Point de vigilance critique** : La longueur effective du pendule (distance entre le point de pivot et le centre de masse du poids) est le paramètre le plus critique pour la précision. Un réglage précis est indispensable pour obtenir la période de $\sim 2,5$ secondes.

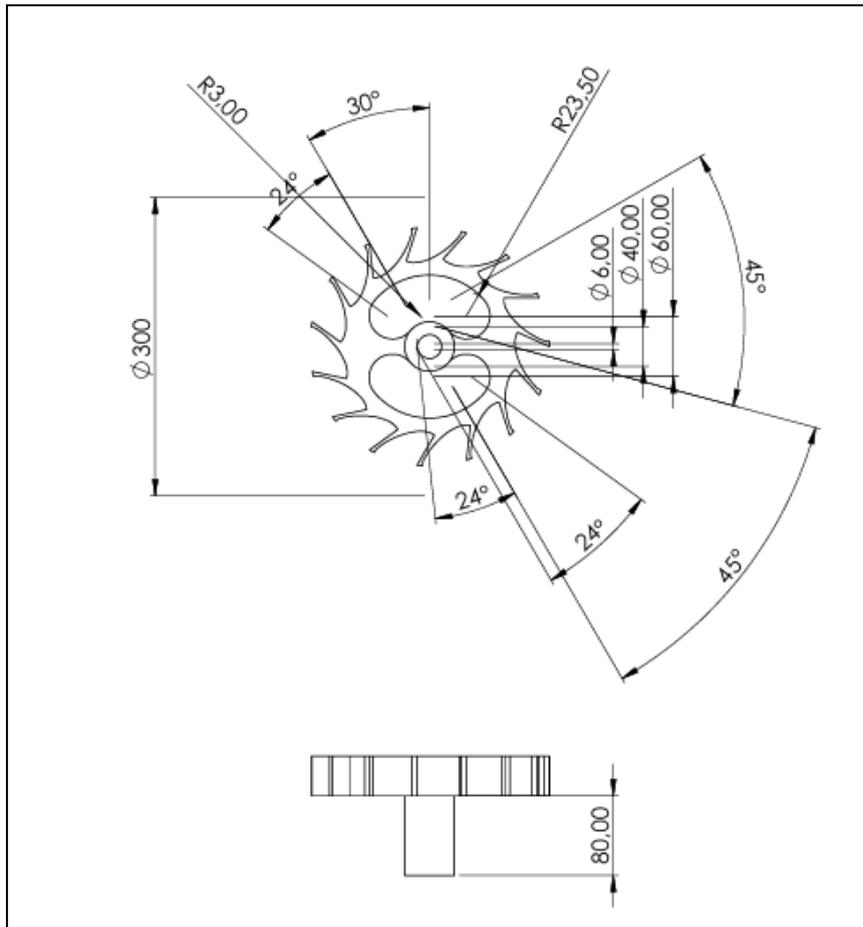


Figure 3 : Plan 2D de la roue d'échappement

5.2.3. Support de la structure

- **Matériau** : tôle d'acier.
- **Découpe** : Tracer les parois avec une équerre, découper à la scie à métaux ou scie circulaire. Assembler avec soudure suivant la capture suivante de la [figure 4](#).

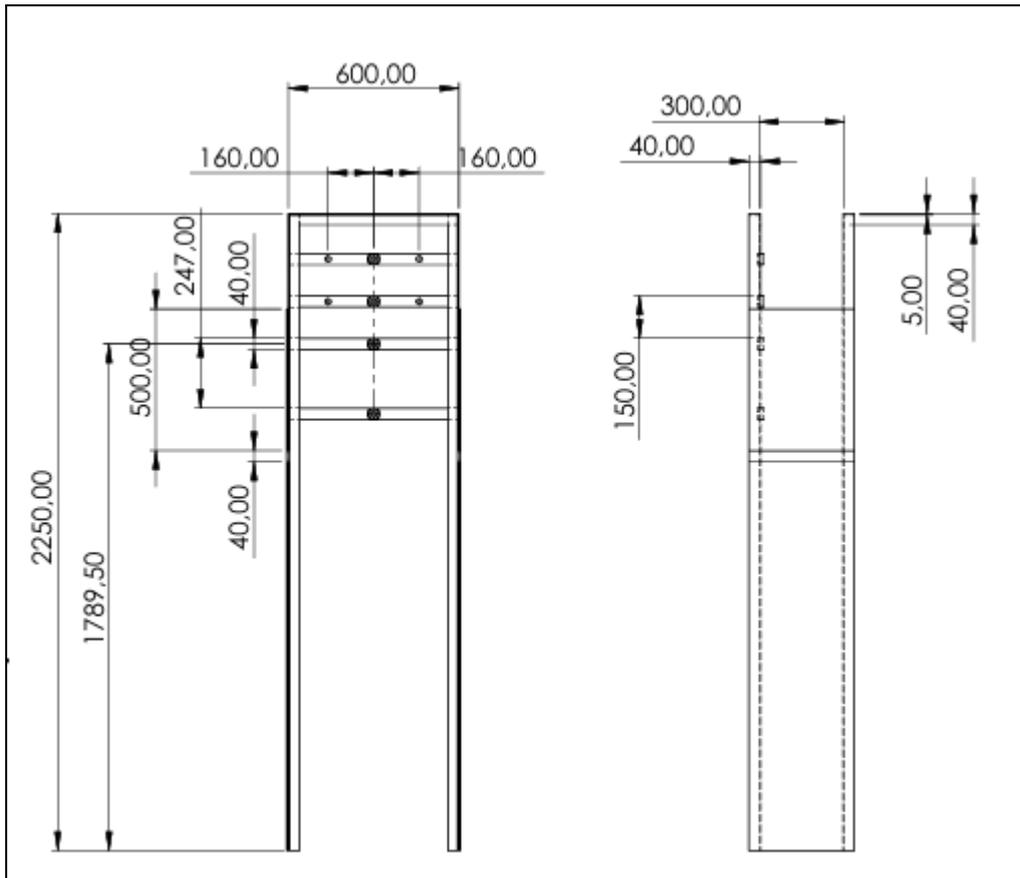


Figure 4 : Plan 2D du support de la structure

5.2.4. Support de la charge

- **Matériau** : tube d'acier 30*30*2,6.
- **Découpe** : Découper suivant la [figure 5](#) à la scie à métaux ou scie circulaire.

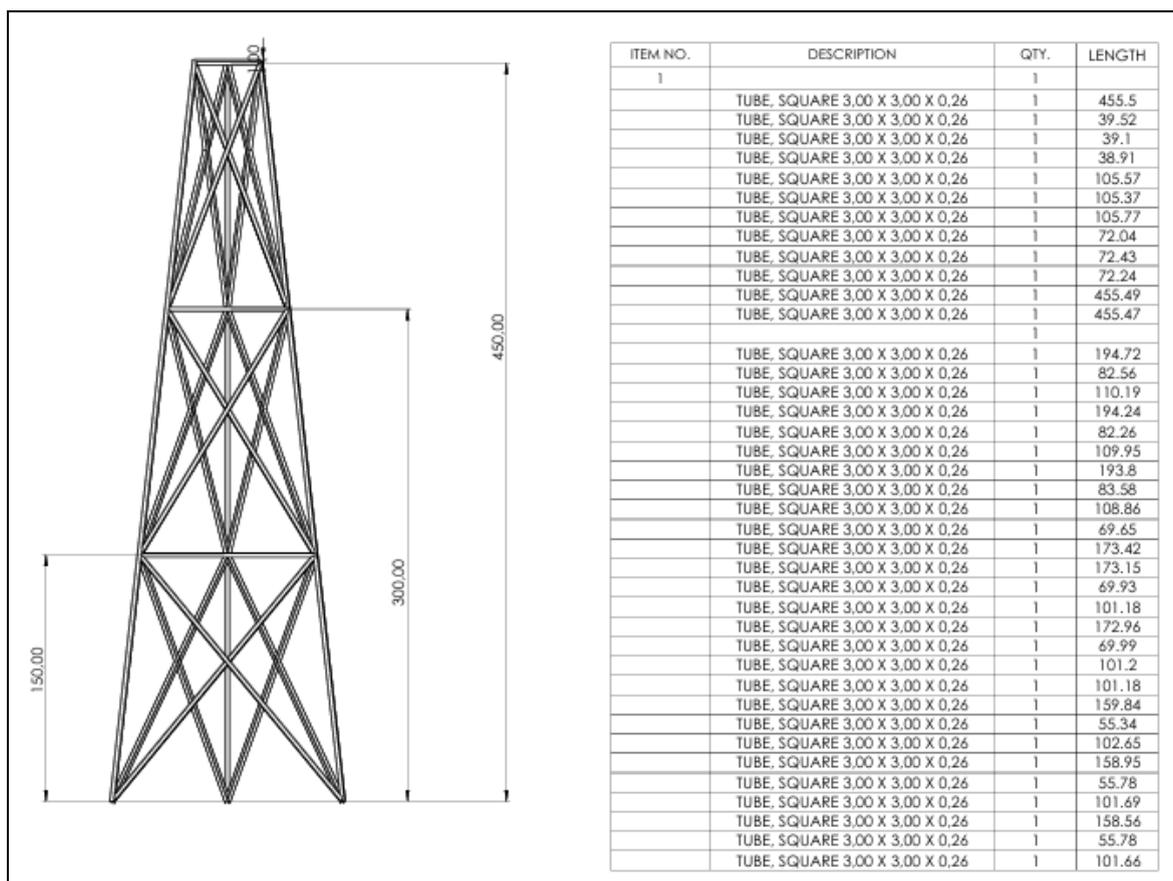


Figure 5 : Plan 2D du support de charge

6. GUIDE D'ASSEMBLAGE DÉTAILLÉ

6.1. Matériel requis

- Horloge mécanique (toutes les pièces)
- Outils de fixation (vis, écrous)

Référence ISO	Description	Quantité
ISO 4162 - M8 x 160 x 44-S	Vis à tête hexagonale M16, longueur 160 mm	4
ISO 4162 - M12 x 160 x 44-S	Vis à tête hexagonale M12, longueur 160 mm	4
ISO 4162 - M8 x 45 x 22-N	Vis à tête hexagonale M8, longueur 45 mm	8



- Clés appropriées pour assurer le serrage correct des vis et écrous :

Taille filetage	Type de clé	Taille de clé recommandée
M8	Clé plate / à douille	13 mm
Vis CHC M8	Clé Allen (hexagonal)	Clé Allen de 6 mm

- Manuel technique

Pour réaliser l'assemblage, veuillez munir de ce document ainsi que les plans 2D de chaque pièce.

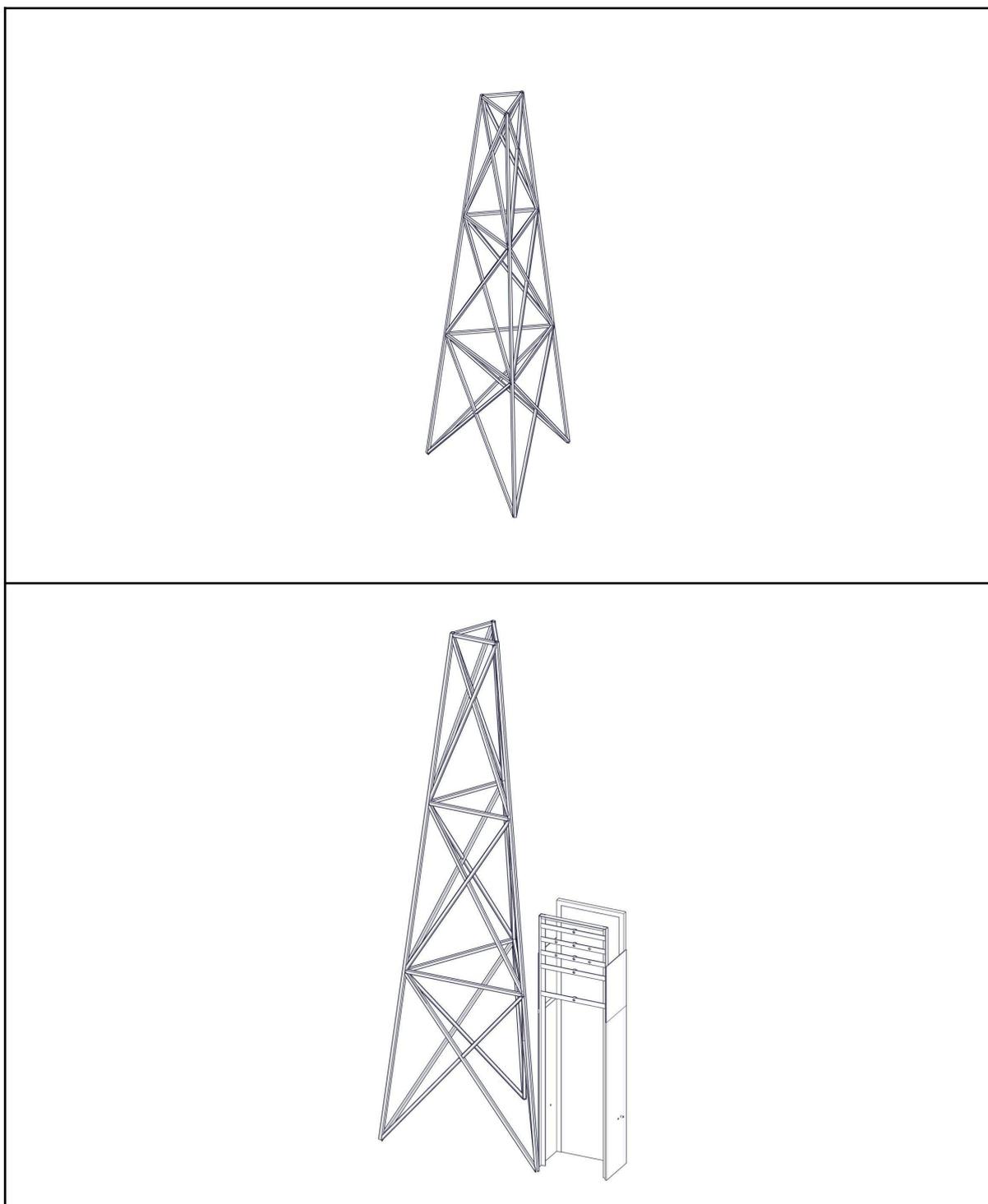
- Équipements de protection individuelle (EPI)

Équipement	Usage
Gants de protection	Pour éviter coupures lors de la manipulation des pièces métalliques
Lunettes de sécurité	En cas de perçage, serrage mécanique ou risque de projection
Chaussures de sécurité	Si le montage est effectué en atelier ou en environnement industriel

6.2. Étapes d'assemblage

6.2.1. Étape 1 : Préparation de la base

- Installez le pilier support de charge (structure de 4,5 m) et la structure principale de l'horloge (2,25 m) sur des fondations stables et bien nivelées.
- Vérifiez leur parfaite verticalité et stabilité.

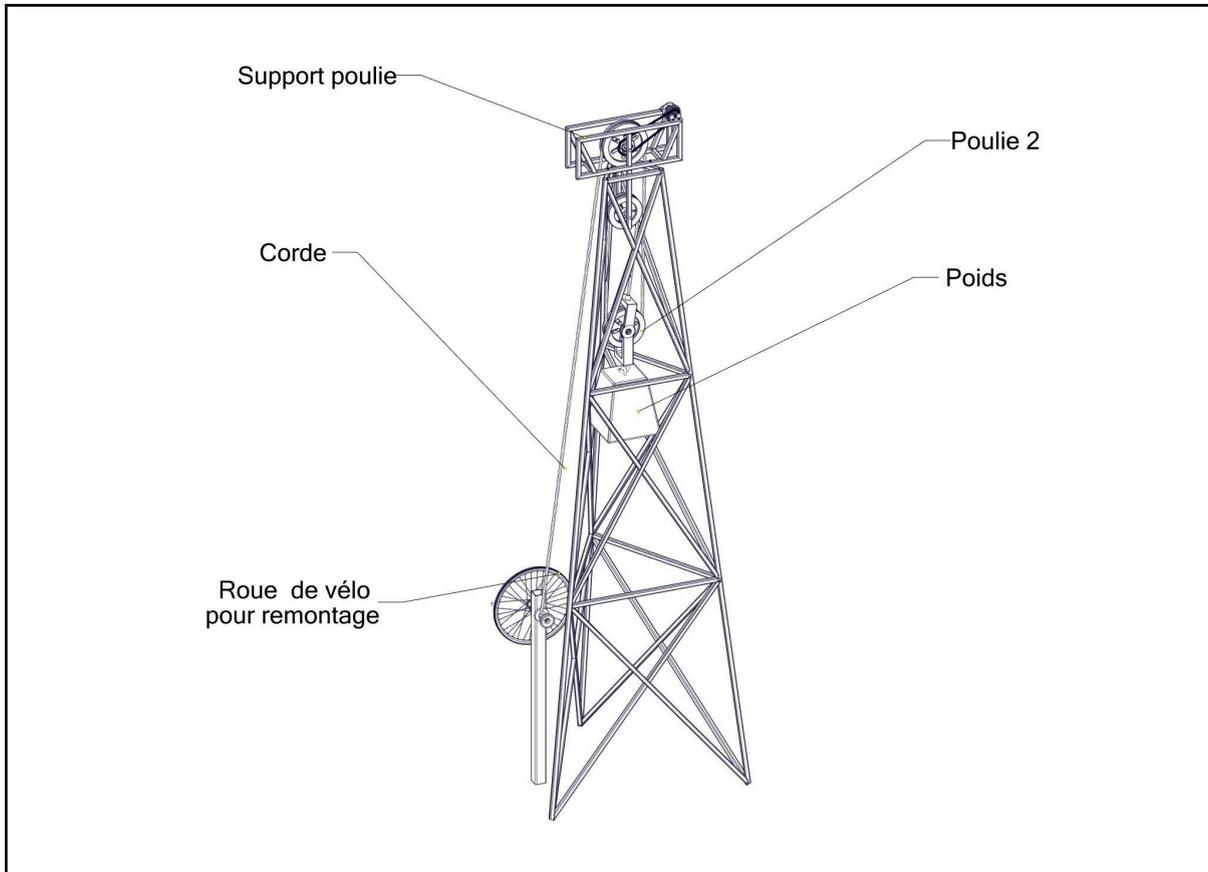


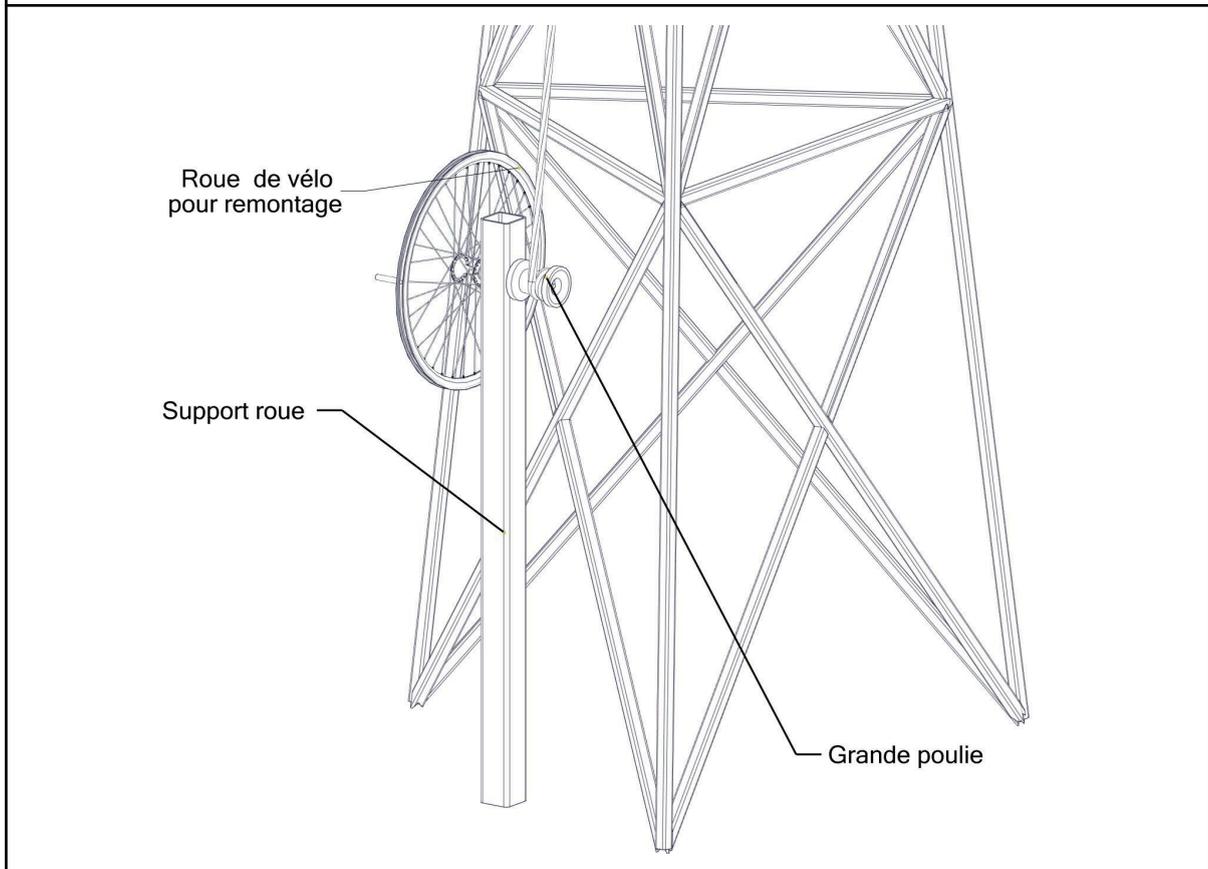
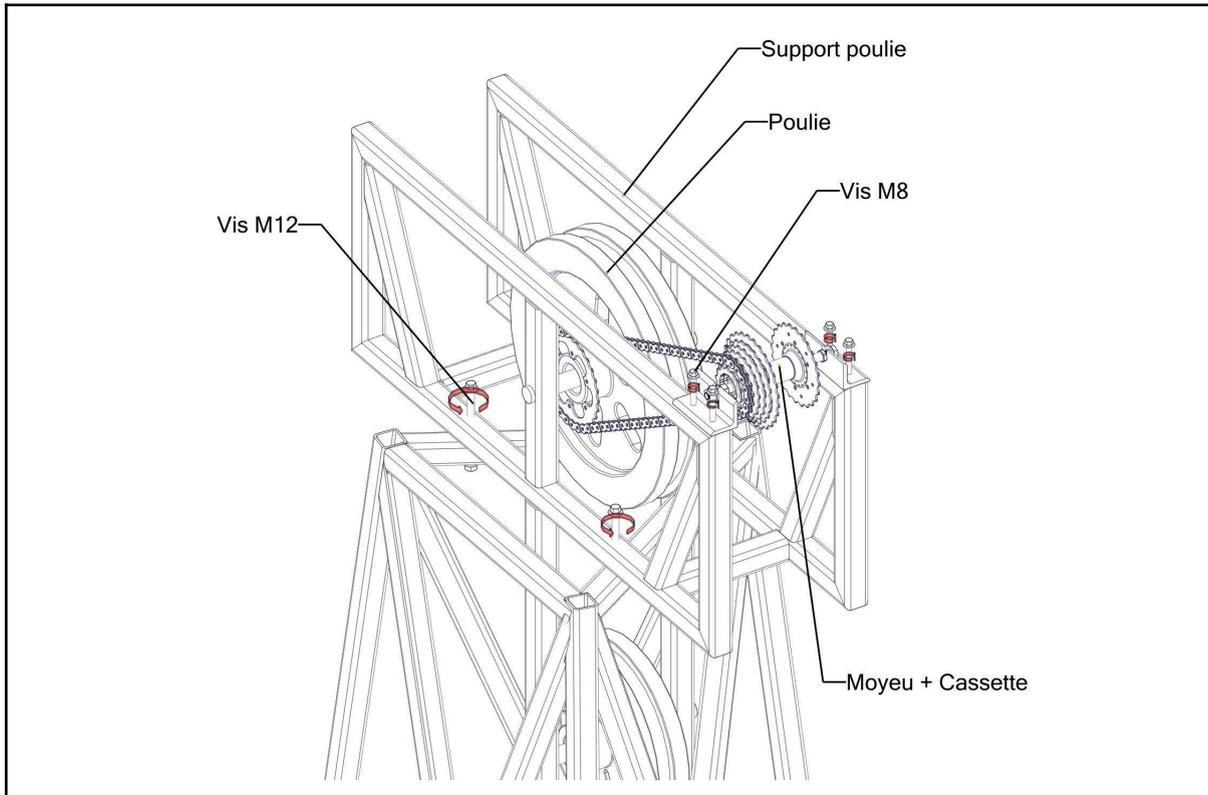
6.2.2. Etape 2 : Installation du support poulie et corde avec roue

- Installer le poteau qui porte la roue de vélo
- Monter le support qui porte la poulie où la corde de la poulie va s'appuyer



- Monter également le moyeu avec chaîne
- Installer le câble (corde) de suspension du poids sur la poulie motrice

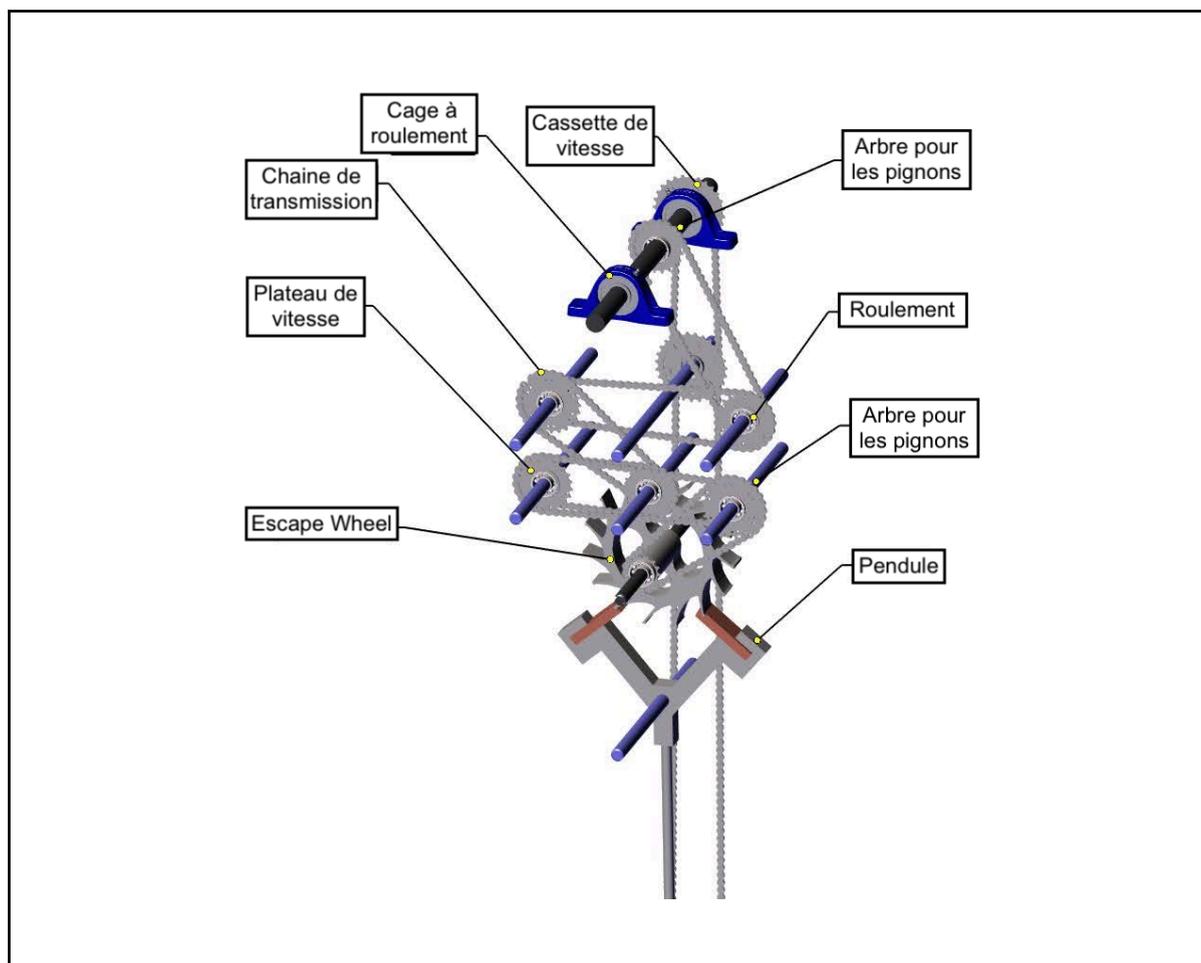






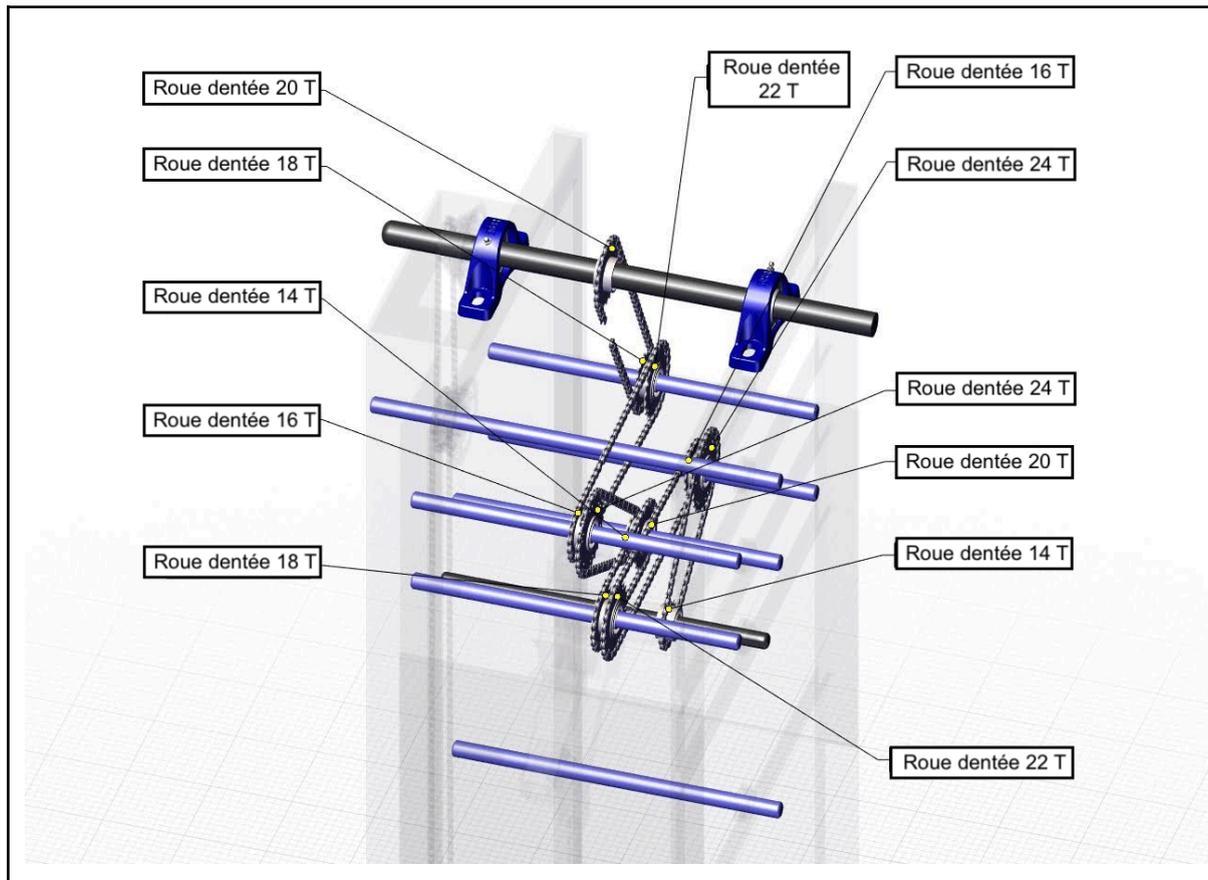
6.2.3. Étape 3 : Installation des roues

- Monter la roue d'échappement et les 12 roues libres
- Aligner les arbres de support



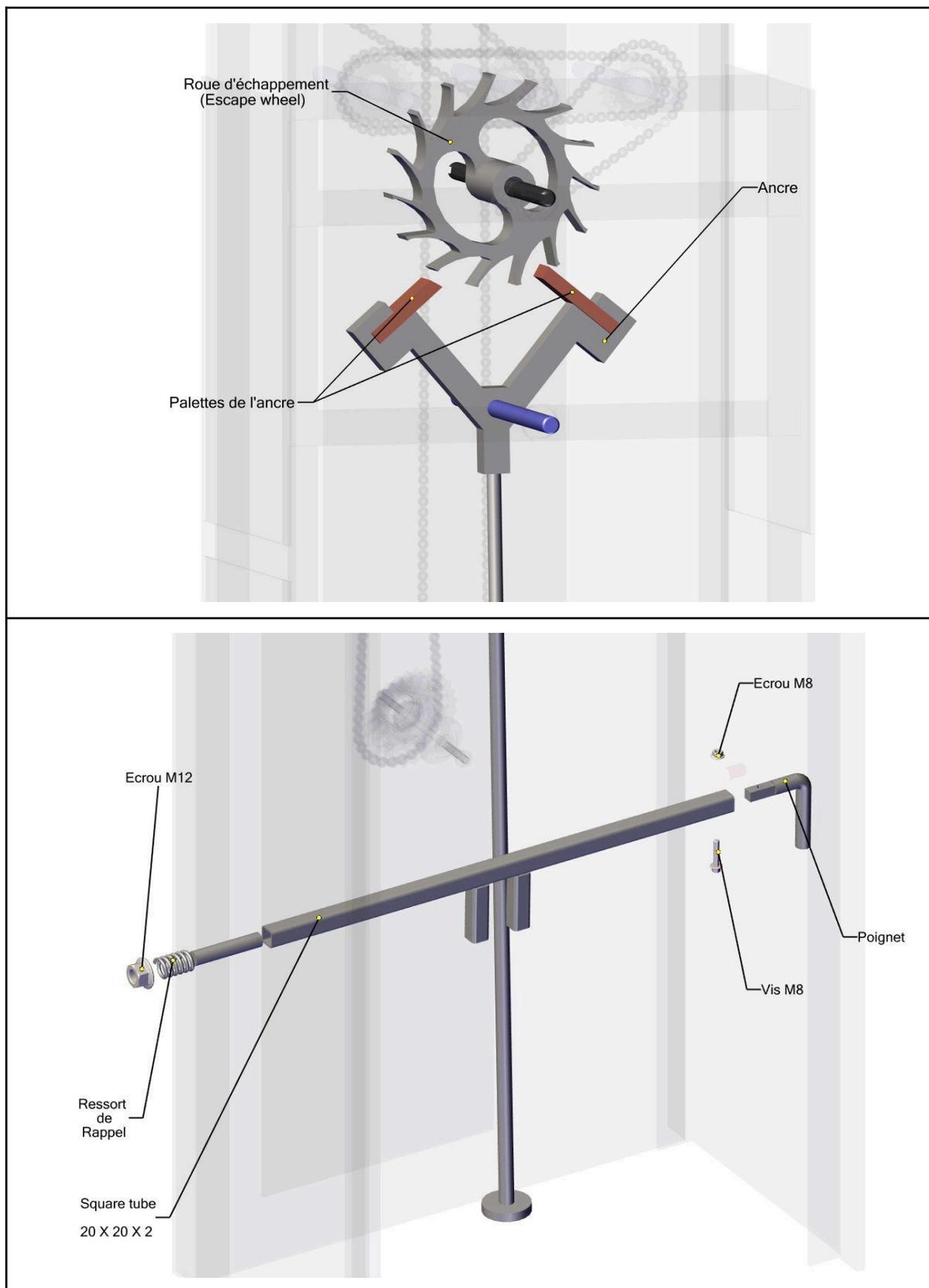
6.2.4. Étape 4 : Assemblage de la chaîne

- Installer la chaîne sur les roues et le support de charge
- Connecter le câble de maintien



6.2.5. Étape 5 : Montage du pendule

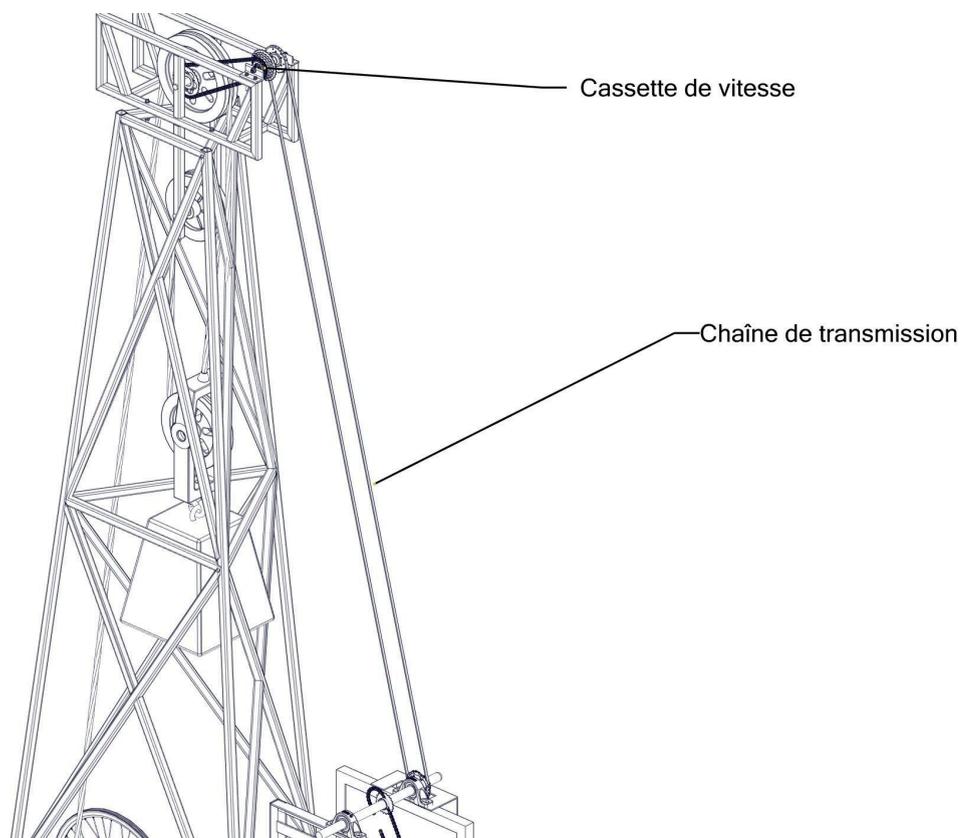
- Fixer le pendule à l'ensemble du mécanisme de roues ainsi que le support avec précision
- Vérifier la tension de la chaîne





6.2.6. Etape 6 : Installation de la chaîne de connexion et vérifications finales

- Monter la chaîne de connexion entre l'horloge et la cassette entraînée par la descente du poids
- Contrôler la stabilité globale
- Tester le mouvement du pendule et des roues
- Ajuster si nécessaire



6.2.7. Etape 7 : Mise en service et réglages

- **Remontage du poids** : Remontez le poids de 40 kg à sa position la plus haute sur le pilier de 4,5 m.
- **Lancement de la pendule** : Donnez une légère impulsion au pendule pour démarrer son oscillation. Le mécanisme d'échappement doit alors prendre le relais.



- **Vérification** : Assurez-vous que le fonctionnement est fluide et que le "tic-tac" est régulier.
- **Ajustement** : Si nécessaire, ajustez la longueur du pendule pour calibrer la vitesse : raccourcissez pour accélérer, allongez pour ralentir.

7. PRÉCAUTIONS ET SÉCURITÉ

7.1. Manipulation

- Manipuler le poids de 40 kg avec précaution
- Porter des gants de protection lors de l'assemblage
- Éviter les chocs sur les roues et le pendule

7.2. Utilisation

- Placer l'horloge dans une zone stable et verticale
- Vérifier régulièrement le niveau du pendule

7.3. Maintenance

- **Stabilité** : Assurez-vous que la structure de l'horloge reste parfaitement verticale pour garantir le bon fonctionnement de la pendule.
- **Lubrification** : Lubrifier périodiquement tous les points de contact et axes de rotation pour minimiser l'usure



8. CONCLUSION



Cette notice technique a détaillé la conception, le fonctionnement et les procédures d'assemblage de l'horloge mécanique, un élément fondamental du dispositif V2 mécanique. De ses spécifications techniques à la justification de ses composants clés comme le pendule de l'ancre et la roue d'échappement, nous avons mis en lumière les principes qui garantissent sa précision et sa fiabilité.

Grâce à un mécanisme entièrement autonome basé sur l'énergie gravitationnelle et une régulation rigoureuse du temps, cette horloge assure une fonction essentielle sans dépendance externe. Sa conception robuste, combinant des matériaux éprouvés et des géométries optimisées, garantit sa durabilité et sa performance sur le long terme.



L'horloge mécanique représente ainsi une solution ingénieuse et pérenne pour la régulation temporelle au sein du dispositif V2, contribuant activement à son bon fonctionnement et à sa robustesse opérationnelle.

Document établi le : 17 juin 2025

Version : 2.0

Validé pour : Production et assemblage



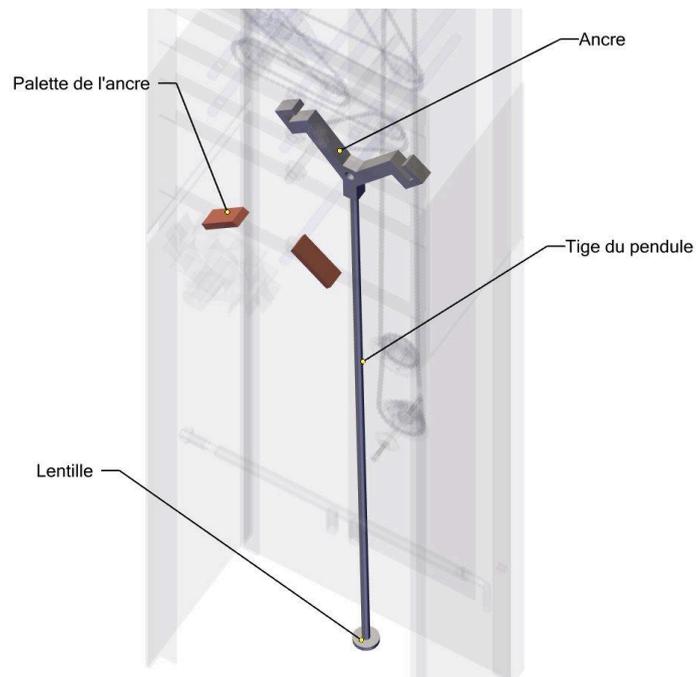
GLOSSAIRE

1. **Ancre** : Composant du mécanisme d'échappement qui interagit avec la roue d'échappement pour réguler le mouvement du pendule et ainsi, la libération d'énergie.
2. **Beat (Battement)** : Impulsion donnée à la roue d'échappement par l'ancre lors de chaque oscillation du pendule. Chaque oscillation complète du pendule correspond à deux battements (un pour l'aller, un pour le retour).
3. **Échappement** : Mécanisme qui convertit le mouvement rotatif continu d'un train d'engrenages en impulsions régulières pour maintenir l'oscillation d'un pendule ou d'un balancier, et réguler la vitesse de l'horloge.
4. **Roue d'échappement (Roue d'échappement)** : Roue dentée qui est en contact direct avec l'ancre. Sa rotation est contrôlée par le mouvement du pendule, permettant une libération progressive de l'énergie stockée.
5. **Fréquence d'oscillation** : Nombre d'oscillations complètes (allers-retours) d'un pendule par unité de temps, généralement exprimée en Hertz (Hz).
6. **Pendule** : Masse suspendue qui oscille à une fréquence régulière et stable, servant de régulateur de temps dans une horloge.
7. **Période d'oscillation (T)** : Temps nécessaire au pendule pour effectuer une oscillation complète (un aller-retour).
8. **RPM (Rotations Par Minute)** : Unité de mesure de la vitesse de rotation, indiquant le nombre de tours complets effectués par minute.
9. **Tick** : Le son caractéristique produit par le mécanisme d'échappement de l'horloge à chaque fois que l'ancre s'engage et libère une dent de la roue d'échappement.
10. **Palette** : un petit organe de contact, généralement fixé à l'extrémité de l'ancre dans un mécanisme d'échappement, qui interagit directement avec les dents de la roue d'échappement.



ANNEXE

ANNEXE A1 : PENDULE



Rôle

Le pendule oscille à une fréquence régulière (déterminée par sa longueur) pour synchroniser le mouvement de l'horloge.

L'ancre gère le transfert de l'oscillation du pendule à la roue d'échappement (Roue d'échappement) par un battement⁸.

Justification des dimensions

La longueur du pendule est de 1,5 m pour garantir une période d'oscillation de 2,5 s en respectant la relation suivante :

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Avec T : Période d'oscillation (en secondes, s)

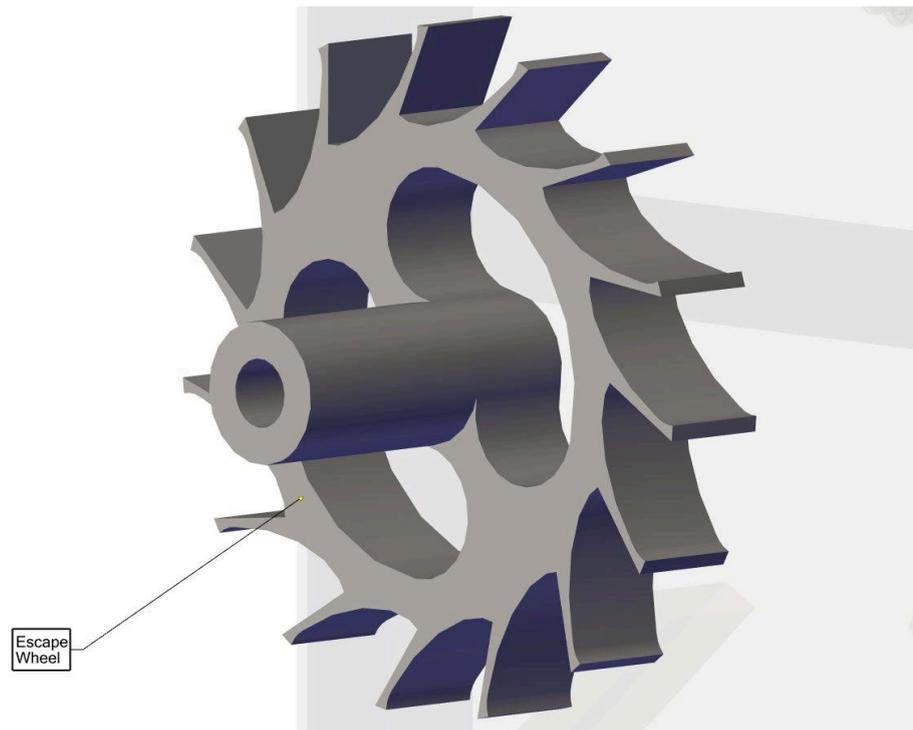
⁸ [Battement](#)



g : Accélération de pesanteur (environ $9,81 \text{ m/s}^2$)

l : longueur du pendule (en mètres, m)

ANNEXE A2 : Roue d'échappement



Rôle

Régule la vitesse de rotation des engrenages en interagissant avec le pendule via le mécanisme d'échappement.

Justification des dimensions et de la forme

Les *15 dents* sont choisis pour garantir une fréquence de rotation de $0,8 \text{ Hz}$.

En d'autre terme, pour un avancement de *2 dents*, le pendule a fait une oscillation complète.

Ceci donne une vitesse constante de rotation de $3,2 \text{ RPM}^9$.

⁹ [RPM](#)



Relation entre la fréquence du pendule et la roue d'échappement

- **Principe de l'échappement à ancre**

Dans un échappement à ancre issu de l'échappement de Graham, l'ancre effectue un mouvement alternatif synchronisé avec le pendule. Chaque oscillation de la pendule (aller-retour) provoque deux "ticks¹⁰" (un pour l'aller, un pour le retour), car l'ancre engage et libère la roue d'échappement deux fois par cycle.

- **Fréquence d'engagement**

Avec une fréquence de pendule de $0,4 \text{ Hz}$,

il y a :

$$0,4 \times 2 = 0,8 \text{ ticks par seconde, soit } 48 \text{ ticks par minute.}$$

- **Rotation de la roue d'échappement**

La roue d'échappement avance d'une dent par tick ou beat. Avec 15 dents , le temps pour une rotation complète est $18,75 \text{ secondes par tour}$.

D'où la vitesse angulaire de $3,2 \text{ tour par minute}$.

Justification du choix de 15 dents

- Ce choix est justifié par le fait qu'avec 15 dents , la roue d'échappement fournit une impulsion suffisamment espacée pour synchroniser le pendule disposant d'une oscillation de $0,4 \text{ Hz}$.
- Par rapport à la précision et à la cadence, usiner 15 dents réduit la complexité de fabrication car il y a moins de dents à usiner.

Justification de la forme courbée des dents

Les dents courbées sont optimisées pour l'échappement à ancre. Elles permettent :

- Un contact progressif où l'ancre s'engage avec la dent avant de la libérer, réduisant les chocs.
- Une impulsion douce sur le pendule, essentielle avec une fréquence basse de $0,4 \text{ Hz}$ où chaque battement doit être précis.

¹⁰ [Tick](#)



Justification de l'orientation inclinée

Les dents inclinées vers l'arrière 45° sont conçues pour :

- Faciliter le glissement de l'ancre, minimisant le frottement.
- Maintenir l'équilibre entre l'énergie libérée et la résistance, adaptée à la faible fréquence du pendule.

ANNEXE A3 : ÉTAGE DE TRANSMISSION

Transmet la rotation de la roue d'échappement au mouvement de descente linéaire de la charge suspendue.

Pour respecter la durée de 10 h, une réduction de vitesse est nécessaire qui augmentera automatiquement le couple au niveau de la poulie où le câble de la charge est enroulé.

$$\text{Rapport de transmission} = 0,003.$$

Pour atteindre ce rapport, les pignons suivants doivent être connectés selon l'image en haut.

On a besoin de 16 roues dentées:					
Pignon	Nombre de dents	Pignon	Nombre de dent	Pignon	Nombre de dent
Z1	14	Z7	14	Z13	14
Z2*	28	Z8	28	Z14	28
Z3	14	Z9	14	Z15	14
Z4	28	Z10	28	Z16	28
Z5	14	Z11	14		
Z6	28	Z12	28		
R=	-0,00390625				

	Source	Régulateur
Couple N.m	29,43	-
Vitesse rad/min	0,012	3,20
Rendement	0,85	
Rapport de transmission		0,003