

Notice

Maquette Mouvement Circulaire

réf. 00785



Présentation

1. Introduction

Cette maquette permet d'étudier le mouvement circulaire uniforme d'une boule (ou masse).

Le dispositif constitue en fait un pendule conique : une masse est accrochée à une chaînette dont l'autre extrémité est entraînée en rotation par l'intermédiaire d'un moteur.

Il est possible de modifier la masse de la boule, la longueur de la chaînette, sa vitesse de rotation grâce au variateur dont dispose le moteur.

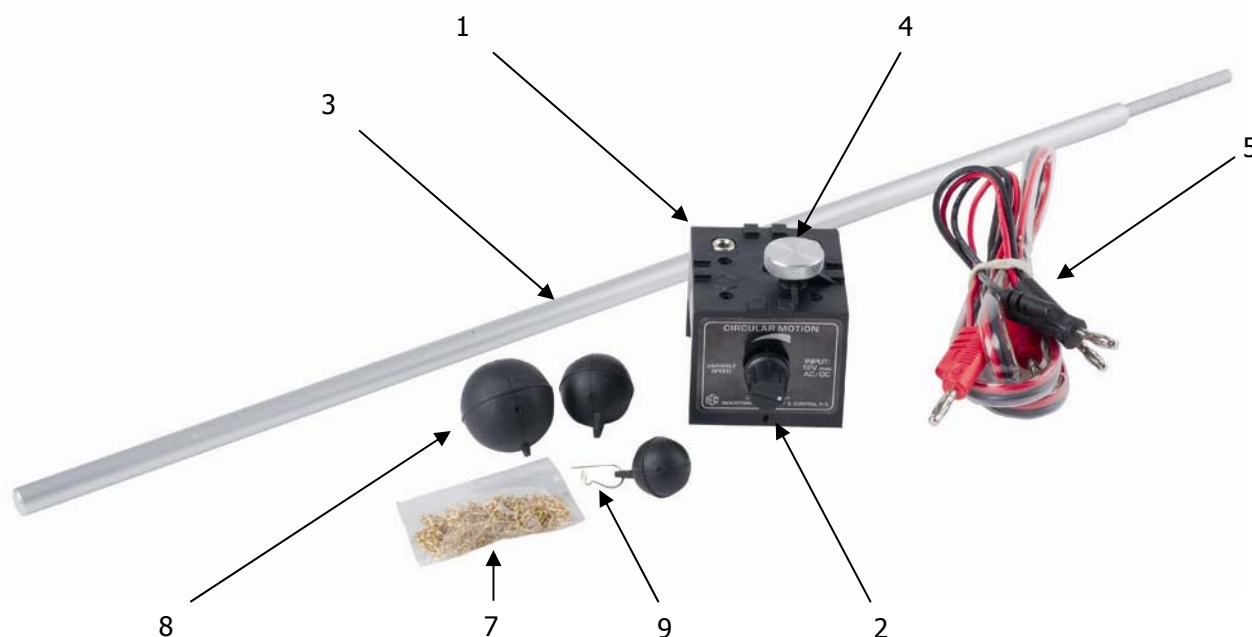
On peut ainsi étudier :

- les caractéristiques de l'accélération dans le cas du mouvement circulaire et uniforme
- l'évolution de la valeur de la tension de la chaînette selon :
 - la fréquence de rotation,
 - la longueur de la chaînette,
 - la masse de la boule.

2. Contenu de l'emballage

- un moteur
- une tige support
- un double câble
- 3 boules de masses différentes
- 3 chaînettes de longueurs différentes et leurs clips de fixation
- une notice

Présentation



(1) : Moteur avec disque

(2) : Variateur de vitesse

(3) : Tige support

(4) : Vis moletée

(5) : Double câble de connexion

(6) : Alimentation : DC/AC 12 V maximum (non fournie)

(7) : Chaînette (x3)

(8) : Boule (x3)

(9) : Clips (x 3)

(10) Statif (non fourni)

Montage

- ✓ Utiliser la partie de la tige support (3) de \varnothing 10 mm pour la fixer à un statif vertical (10), non fourni, à l'aide d'une noix de montage (non fourni).
- ✓ Utiliser l'autre extrémité de la tige support (\varnothing 6 mm) pour fixer le moteur (1) : la tige se glisse entre chacune des deux petites butées en U du châssis du moteur et sous la molette de la vis (4). Orienter convenablement le moteur (axe vertical, vers le bas) et serrer la vis pour l'immobiliser, sans forcer.

- ✓ Fixer une extrémité de la chaînette (7) dans le trou du disque solidaire du moteur, à l'aide d'un clip (9).
- ✓ Fixer une boule (8) à l'autre extrémité de la chaînette à l'aide d'un autre clip.
- ✓ Connecter le moteur à l'alimentation (6) à l'aide du double câble de connexion (5)

Utilisation

1. Utilisation du moteur

Le moteur fonctionne grâce à une alimentation électrique à basse tension (8 à **12V maximum** AC ou DC).

Le bloc moteur dispose d'un variateur électronique de vitesse. Celui-ci permet de régler convenablement la vitesse de rotation de la masse et de garder cette vitesse stable.

Pour la partie expérimentale, il est utile de faire tourner le moteur au préalable afin de repérer le sens de rotation du disque (§ 3. ci-dessous).

2. Utilisation des chaînes

Pour utiliser une chaîne :

- Passer un clip métallique dans le dernier maillon de la chaîne et dans le trou du disque moteur. Fermer le clip.
- Passer un autre clip à l'autre extrémité de la chaîne et dans le trou de la masse. Fermer le clip.



Remarque : un mince fil de pêche peut également être utilisé à la place de la chaînette.

3. Réalisation d'un mouvement circulaire uniforme

- Maintenir la masse inclinée d'environ 30° par rapport à la verticale, en tendant doucement la chaînette.
- Lancer doucement la masse dans le sens de rotation du moteur de façon à ce que la masse ait une trajectoire circulaire horizontale.
- Mettre en fonction le moteur et ajuster sa vitesse de façon à ce qu'il puisse maintenir la rotation de la balle ; le moteur ne doit pas tourner rapidement. Un léger "sifflement" en direction du moteur se fait entendre et est tout à fait normal.
→ Ne pas suralimenter le moteur.
- Pour régler la vitesse de rotation, procéder progressivement : modifier légèrement la tension d'alimentation du moteur à l'aide du variateur et attendre quelques secondes pour que la boule garde sa vitesse de "croisière". Passer ensuite, si nécessaire, à une autre vitesse.

4. Remarques pratiques

- Chaque boule est munie d'une ligne "équatoriale" qui permet de repérer plus facilement la position de son centre de masse. En utilisant un mètre (ou autre), mesurer la distance entre le centre de l'arbre-moteur et le centre de masse (au même niveau que la ligne "équatoriale").
- La masse est indiquée sur chaque boule, mais nous conseillons de vérifier celle-ci à l'aide d'une balance.
- La chaînette a aussi une masse mais elle peut être négligée devant celle des boules, en première approximation.

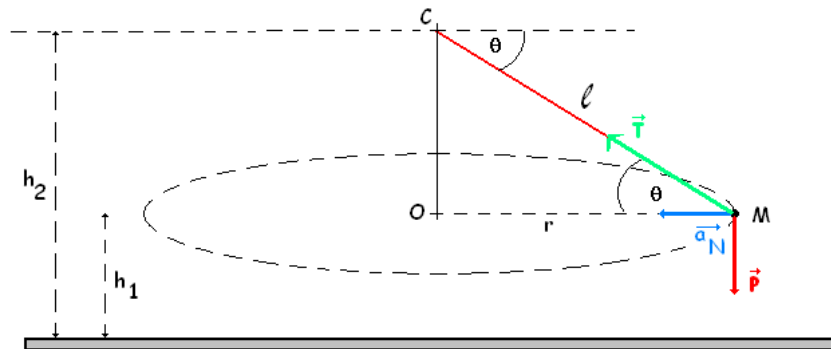
Étude Expérimentale

1. Étude de l'accélération

On se propose d'étudier les caractéristiques de l'accélération dans le cas d'un mouvement circulaire et uniforme d'une boule, en particulier la valeur a de l'accélération.

1.1. Étude théorique

Schéma théorique du dispositif



Dans le cas du mouvement circulaire et uniforme du point matériel M de masse m , l'utilisation des expressions de l'accélération dans le repère de Frenet montre que :

- l'accélération tangentielle est nulle ;
- l'accélération normale est centripète et de valeur constante : v^2/r où v est la valeur de la vitesse.

L'accélération a a donc pour expression :

$$\vec{a} = \vec{a}_N \quad \text{d'où : } a = v^2/r \quad (1)$$

Par application de la deuxième de Newton au point matériel M, on en déduit que :

$$a = a_N = \frac{T \cos \theta}{m} = v^2/r \quad (2)$$

$$m \cdot g = T \sin \theta \quad (3)$$

1.2. Matériel nécessaire

- Maquette mouvement de rotation prête à l'emploi
- Chronomètre (non fourni)
- Mètre (non fourni)

1.3. Étude expérimentale

1.3.1. But de l'expérience

On se propose de :

- calculer la valeur de l'accélération a pour une masse m de la boule et une longueur l de chaînette :
- confronter théorie et expérience à partir du calcul de la valeur de l'intensité g de la gravitation terrestre (d'après (2) et (3)) :

$$a = \frac{T \cos \theta}{m} = \frac{m g \cos \theta}{\sin \theta m} \quad \text{soit} \quad a = \frac{g}{\tan \theta}$$

d'où : $g = a \tan \theta$

1.3.2. Mode opératoire

On se reporte au paragraphe **Utilisation 3** : choisir une chaînette et une boule.

1.3.3. Mesures et calculs

- *Rayon r de la trajectoire :*

Cela nécessite de mesurer :

ℓ : mettre la chaînette à l'horizontale ; en première approximation, ℓ représente la distance du centre de la balle jusqu'à l'arbre moteur.

h_2 : distance du support au disque

h_1 : distance du support au plan de la trajectoire circulaire de la boule ; placer pour cela, une règle verticale au voisinage de la trajectoire et mesurer par visée cette distance.

On en déduit :
$$r = \sqrt{\ell^2 - (h_2 - h_1)^2}.$$

- *Fréquence de rotation*

Mesurer la durée Δt de 10 rotations de la boule en s'aidant d'un repère au voisinage de la trajectoire. On en déduit alors la fréquence f de rotation de la boule et par suite, la valeur de l'accélération a :

$$v = \omega \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot r \quad \text{et donc} \quad a = v^2 / r = 4 \pi^2 f^2 r$$

- *Inclinaison θ de la chaînette par rapport à l'horizontale :*

Elle est telle que : $\tan \theta = (h_2 - h_1) / r.$

D'où, on en déduit la valeur de g :
$$g = a (h_2 - h_1) / r$$

1.3.4. Organisation des mesures pour diverses valeurs de m et de ℓ

Pour diverses valeurs de m et de ℓ , compléter le tableau de mesures ci-dessous (l'usage d'un tableur est conseillé).

Mesures					Calculs				
m (g)	l (m)	h2 (m)	h1 (m)	durée (s)	r (m)	f (tr/s)	a (m/s ²)	g (m/s ²)	Incertitude relative

1.3.5 Exemples de résultats

Mesures					Calculs				
m (g)	l (m)	h2 (m)	h1 (m)	durée (s)	r (m)	f (tr/s)	a (m/s ²)	g (m/s ²)	Incertitude relative
8	0,440	0,495	0,105	12,7	0,204	0,787	4,986	9,55	2,69%
8	0,440	0,495	0,11	12,6	0,213	0,794	5,297	9,57	2,41%
8	0,440	0,495	0,12	12,3	0,230	0,813	6,006	9,79	0,25%
8	0,440	0,495	0,135	12,2	0,253	0,820	6,710	9,55	2,66%
8	0,440	0,495	0,148	12	0,271	0,833	7,417	9,51	3,03%
8	0,440	0,495	0,164	11,7	0,290	0,855	8,360	9,55	2,69%
8	0,440	0,495	0,17	11,45	0,297	0,873	8,932	9,79	0,24%
8	0,440	0,495	0,185	11,3	0,312	0,885	9,654	9,58	2,30%
8	0,440	0,495	0,195	11	0,322	0,909	10,502	9,79	0,22%

2. Étude de la tension T en fonction de la fréquence f
2.1. Étude théorique

L'étude précédente (§ 1.1.) permet de déterminer la valeur de la tension T de la chaînette. D'après la relation (3), on a :

$$T = m \cdot g / \sin \theta$$

Par ailleurs, d'après l'expression (2), on en déduit :

$$T = \frac{m v^2}{r \cos \theta} = \frac{m (4 \pi^2 f^2 r^2)}{r \frac{r}{l}}$$

D'où :

$$T = 4 \pi^2 m \ell f^2$$

2.2. Matériel nécessaire

- Maquette mouvement de rotation prête à l'emploi
- Chronomètre (non fourni)
- Mètre (non fourni)

2.3. Étude expérimentale

2.3.1. But de l'expérience

On se propose d'étudier l'évolution de la valeur de la tension T de la chaînette en fonction de la fréquence de rotation f de la boule, soit $T = f^\circ(f)$.

2.3.2. Mode opératoire

Choisir une chaînette et une boule. On se reporte au paragraphe **Utilisation 3**.

On effectue une série de mesures en faisant varier à chaque fois seulement la vitesse de rotation ; on garde la même boule et la même chaînette.

2.3.3. Mesures et calculs

- Fréquence de rotation

Mesurer la durée Δt de 10 rotations de la boule en s'aidant d'un repère au voisinage de la trajectoire. On en déduit alors la fréquence f de rotation de la boule.

- Inclinaison θ de la chaînette par rapport à l'horizontale :

Ce qui nécessite de mesurer :

ℓ : mettre la chaînette à l'horizontale ; en première approximation, ℓ représente la distance du centre de la balle jusqu'à l'axe de rotation du moteur.

h_2 : distance du support au disque.

h_1 : distance du support au plan de la trajectoire circulaire de la boule ; placer pour cela, une règle verticale au voisinage de la trajectoire et mesurer par visée cette distance.

On en déduit :

$$\sin \theta = (h_2 - h_1) / \ell$$

et par suite

$$T = m g / \sin \theta$$

2.3.4. Organisation des mesures pour diverses valeurs de f

Pour diverses valeurs de f , on calcule la valeur de la tension T correspondante (l'usage d'un tableur est conseillé).

Mesures					Calculs			
m (g)	l (m)	h2 (m)	h1 (m)	durée (s)	f (tr/s)	f * f	sin θ	T (N)

2.3.5. Confrontation expérience-théorie

Le tracé du graphe $T = f^\circ(f^2)$ donne une droite passant par l'origine dont on peut calculer le coefficient directeur k et le comparer à la valeur (§2.1.) : $k = 4 \pi^2 m \ell$.

3. Étude de la tension T en fonction de la longueur ℓ

3.1. Étude théorique

On exploite la relation $T = 4 \pi^2 m \ell f^2$ mise en la circonstance sous la forme :

$$T = 4 \pi^2 m f^2 \ell$$

3.2. Matériel nécessaire

- Maquette mouvement de rotation prête à l'emploi
- Chronomètre (non fourni)
- Mètre (non fourni)

3.3. Étude expérimentale

3.3.1. But de l'expérience

On se propose d'étudier l'évolution de la valeur de la tension T de la chaînette en fonction de la longueur ℓ , soit $T = f^\circ(\ell)$.

D'après la relation §3.1., il est nécessaire de garder constante la masse : ce qui ne pose aucun problème expérimental, mais aussi la fréquence de rotation : ce qui est pratiquement impossible ou nécessiterait de longs moments de tâtonnements inutiles.

Aussi il est proposé la démarche suivante.

3.3.2. Mode opératoire

On ré exploite l'étude expérimentale précédente, en l'occurrence le graphe $T = f^\circ(f^2)$, effectuée ici avec la grande chaînette ($\ell = 0,440$ m) et la boule ($m = 8,0$ g).

On réalise deux nouvelles situations expérimentales :

- ✓ même boule et chaînette moyenne ($\ell = 0,355$ m),
- ✓ même boule et petite chaînette ($\ell = 0,205$ m),

où l'on mesure Δt , h_2 , h_1 comme dans l'expérience précédente.

3.3.3. Mesures et calculs

- *Fréquence de rotation*

La mesure de la durée Δt de 10 rotations de la boule permet de calculer sa fréquence f de rotation.

- *Inclinaison θ de la chaînette par rapport à l'horizontale :*

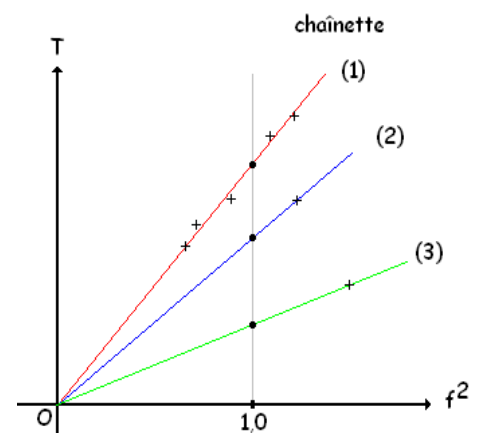
Les mesures de ℓ , h_2 et h_1 permette de calculer T

On obtient ainsi deux couples de valeurs (T , f).

3.3.4. Exploitation des mesures

- Utiliser le graphe précédent et placer les 2 points qui correspondent aux valeurs expérimentales précédentes.
- Extrapoler ces 2 résultats expérimentaux en traçant les droites qui seraient obtenues par une étude comparable à celle du § 2.
- Tracer la droite verticale d'équation: $(f^2) = 1,0 =$ constante (par exemple)
- Relever les coordonnées des 3 points d'insertion de cette droite avec les 3 droites $T = f^\circ(f^2)$. Ces trois points correspondent au cas où seul ℓ a changé. On

a ainsi 3 couples de valeurs (T , ℓ) que l'on peut exploiter graphiquement. On obtient une



droite qui passe par l'origine, d'équation $T = (4 \pi^2 m \ell f^2) \ell$ dont on peut déterminer le coefficient directeur et le comparer à la valeur théorique $4 \pi^2 m f^2$.

4. Étude de la tension T en fonction de la masse m

4.1. Étude théorique

On exploite la relation $T = 4 \pi^2 m \ell f^2$ mise en la circonstance sous la forme :

$$T = 4 \pi^2 f^2 \ell m$$

4.2. Matériel nécessaire

- Maquette mouvement de rotation prête à l'emploi
- Chronomètre (non fourni)
- Mètre (non fourni)

4.3. Étude expérimentale

4.3.1. But de l'expérience

On se propose d'étudier l'évolution de la valeur de la tension T de la chaînette en fonction de la masse m de la boule, soit $T = f^{\circ}(m)$.

D'après la relation §4.1., il est nécessaire de garder constante la longueur de la chaînette : ce qui ne pose aucun problème expérimental, mais aussi la fréquence de rotation : ce qui est pratiquement impossible ou nécessiterait de longs moments de tâtonnements inutiles.

Remarque : pour garder constante la longueur ℓ , compte tenu de la différence de diamètre des boules, il convient de modifier légèrement la longueur de la chaînette.

Ici aussi, la démarche précédente (§3) peut être adoptée.

4.3.2. Mode opératoire

On ré exploite l'étude expérimentale précédente, en l'occurrence le graphe $T = f^{\circ}(f^2)$, effectuée ici avec la grande chaînette ($\ell = 0,440$ m) et la boule ($m = 8,0$ g).

On réalise deux nouvelles situations expérimentales :

- même chaînette et boule de masse 4,0g,
- même chaînette et boule de masse 16,0g

où l'on mesure Δt , h_2 , h_1 comme dans l'expérience précédente.

4.3.3. Mesures et calculs

- *Fréquence de rotation*

La mesure de la durée Δt de 10 rotations de la boule permet de calculer sa fréquence f de rotation.

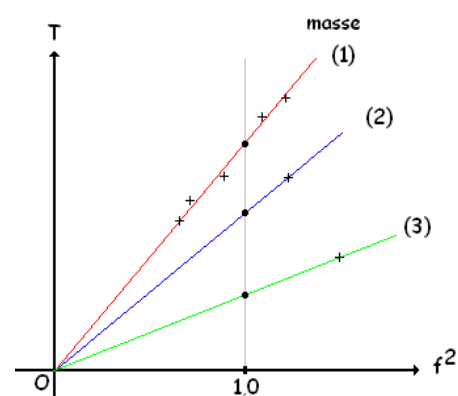
- *Inclinaison θ de la chaînette par rapport à l'horizontale :*

Les mesures de ℓ , h_2 et h_1 permette de calculer T .

On obtient ainsi deux couples de valeurs (T , f).

4.3.4. Exploitation des mesures

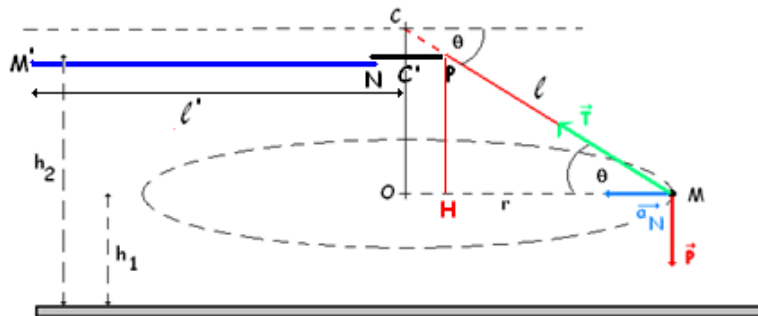
- Utiliser le graphe précédent et placer les 2 points qui correspondent aux valeurs expérimentales précédentes.
- Extrapoler ces 2 résultats expérimentaux en traçant les droites qui seraient obtenues par une étude comparable à celle du § 2.
- Tracer la droite verticale d'équation: $(f^2) = 1,0 =$ constante (par exemple)



- Relever les coordonnées des 3 points d'insertion de cette droite avec les 3 droites $T = f^{\circ}(f^2)$. Ces trois points correspondent au cas où seul m a changé. On a ainsi 3 couples de valeurs (T, m) que l'on peut exploiter graphiquement. On obtient une droite qui passe par l'origine, d'équation $T = (4 \pi^2 \ell f^2) m$ dont on peut déterminer le coefficient directeur et le comparer à la valeur théorique $4 \pi^2 \ell f^2$.

Remarque Générale :

Par rapport à la théorie, il convient, avec cette maquette, de mesurer correctement la grandeur " ℓ ". Vous pourrez vous aider du schéma ci-dessous :



En fait, dans la théorie, ℓ correspond à la distance MC entre le centre de la balle M (ou M') et le centre de rotation C, soit CM.

Par conséquent quand la boule tourne, selon son inclinaison, le point C n'est pas au même endroit : prolongement de la direction MP qui coupe l'axe de rotation vertical ; donc la valeur CM n'est pas constante et n'est donc pas directement mesurable : on ne peut pas matérialiser le point C !

Et donc, on ne peut pas étudier rigoureusement l'évolution de la tension T de la chaînette en fonction de la fréquence de rotation en gardant la valeur de " ℓ " mesurée, comme étant la distance PM comme pourrait le penser les élèves.

On mesure :

$$l' = M'C' = M'N + NC'$$

On utilise dans le calcul théorique :

$$l = MC = MP + PC < l' \quad \text{avec } MP = M'N$$

Donc l'erreur systématique est :

$$l - l' = PC - NC' = PC/\cos \theta - NC' = NC' (1/\cos \theta - 1)$$

Avec $PC' = NC' = 14 \text{ mm}$, pour θ compris entre 40 et 60° , l'erreur se situe entre 5 et 15 mm environ.

Ce problème se retrouve aussi dans le calcul de $\sin \theta$:

$\sin \theta$ est égal à $(h_2 - h_1) / MP$; MP n'est pas le " ℓ " mesuré comme pourraient le penser les élèves ; il faudrait prendre la longueur du centre de la balle M au point d'attache P de la chaînette au disque, soit un écart de 14 à 15 mm avec le " ℓ " utilisé (qui correspond à M'C').

Entretien, garantie et dépannage

1. Entretien

Aucun entretien particulier n'est nécessaire au fonctionnement de votre appareil.

Toutes les opérations de maintenance ou de réparation doivent être réalisées par PIERRON EDUCATION. En cas de problème, n'hésitez pas à contacter le Service Clients.

2. Garantie

Les matériels livrés par PIERRON sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.

Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.

Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.

Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.

Vices apparents : nous ne pourrions admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. A l'export, ce délai est porté à un mois.

La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.

Notes

