

Rappels et complément mécanique

Exercice 1 : Quelques rappels

Document 1 : Dans l'antiquité - Aristote, philosophe grec (384 - 322 av. J.C)

"Le corps en mouvement s'arrête quand la force qui le pousse ne peut plus agir de façon à le pousser"

Document 2 : 1638 - Galilée, physicien et astronome italien (1564 - 1642)

"Une vitesse quelconque imprimée à un corps se conserve rigoureusement aussi longtemps que les causes extérieures d'accélération ou de ralentissement sont écartées, condition qui se réalise seulement sur un plan horizontal ; car dans les plans déclives, il existe déjà une cause d'accélération, tandis que dans les plans qui montent, il existe une cause de ralentissement. D'où il suit que le mouvement sur le plan horizontal est perpétuel"

Document 3 : 1686 - Newton, mathématicien, physicien, astronome et philosophe anglais (1642 - 1727)

Principe de l'Inertie appelé communément Principe d'inertie

"Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui et ne le contraigne à changer d'état. Les projectiles par eux-mêmes persévèrent dans leurs mouvements, mais la résistance de l'air les retarde, et la force de la gravité les porte vers la Terre."

Il énonce aussi une seconde loi

« Les changements qui arrivent dans le mouvement sont proportionnels à la force motrice, et se font dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée. »

Document 4 : Poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide (liquide ou gaz) subit de la part du fluide une force de poussée de bas en haut égal au poids du volume de fluide déplacé.

Données : Masse volumique de l'air $\rho_e = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$; Intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

Document 5 : Les 7 unités du système international

Depuis 1971, le bureau international des mesures a choisi 7 unités de bases qui constituent le système international d'unité. Leur choix, arbitraire satisfait à deux critères : simplicité d'écriture des lois physiques et facilité de reproduction des étalons correspondants. De ces unités découlent toutes les autres. Ces 7 unités sont définies de manière très précise.

Le kilogramme (symbole kg) ; La seconde (symbole s) ; Le mètre (symbole m) ; L'ampère (symbole A) ; Le Kelvin (symbole K) ; Le candela (symbole Cd) ; La mole (symbole mol)

A. A propos des documents

1. Les énoncés de Galilée et de Newton sont-ils en accord avec ceux d'Aristote ? Justifier.
2. Quelles sont les causes "d'accélération et de ralentissement" dans les plans inclinés qu'évoque Galilée ?
3. Quelle est, d'après Newton, la cause qui provoque une modification du mouvement d'un corps ?
4. L'énoncé du principe d'inertie est incomplet : que faut-il rajouter pour le compléter ?
5. Newton, dans l'énoncé du principe d'inertie, parle de « mouvement uniforme en ligne droite ». Donner la définition d'un mouvement uniforme.
6. a) Exprimer le Joule à partir des unités SI.
b) Exprimer l'énergie potentielle et en déduire l'unité de g dans le système international
c) Donner ensuite l'expression du Newton.

B. Etude du mouvement d'une balle de tennis.

On s'intéresse à la chute d'une balle de tennis de masse $m = 60 \text{ g}$ et de volume $V_b = 1,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$. Elle atteint au cours de son mouvement une vitesse constante $v_L = 24,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Les frottements qui s'exercent sur la balle sont assimilables à une force unique \vec{f} dont la norme s'écrit $f = \beta \cdot v^2$.

1. Ecrire les expressions des deux autres forces exercées sur la balle. Comparer ces deux forces, quelle approximation peut-on faire ?
2. Déterminer la valeur de β et son unité dans le système international

Exercice 2 : Planètes

Dans la saga Star Wars, deux héros, Luke et Anakin Skywalker, ont passé leur enfance sur la planète Tatooine. Cette planète désertique a la particularité d'être en orbite autour de deux étoiles : Tatoo 1 et Tatoo 2.

On se propose de déterminer quelques caractéristiques de cette planète et de ses deux étoiles à partir de données extraites du film.

Données : $M(\text{Soleil}) = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$; $R(\text{Soleil}) = 7,0 \cdot 10^5 \text{ km}$
Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$;

Volume d'une sphère de rayon r : $V = \frac{4}{3} \pi r^3$

L'orbite de Tatooine

Impossible d'évoquer la célèbre planète Tatooine, repère de brigands galactiques sur lequel règne le fameux Jabba le Hutt, sans parler de ses deux soleils (ou étoiles). Cette particularité n'est pas si étonnante quand on considère que les deux tiers des étoiles visibles à l'œil nu font partie d'un système multiple. Le problème n'est donc pas de trouver une étoile double, mais de comprendre comment une planète peut évoluer dans un tel système.



Image du film Star wars Episode IV : A new hope (© Lucasfilm Ltd)
Luke Skywalker marchant au coucher de soleils

Le problème n'est donc pas de trouver une étoile double, mais de comprendre comment une planète peut évoluer dans un tel système.

(...) L'orbite de Tatooine pourrait englober ses deux soleils à la fois. Ce type d'orbite n'est stable que si la distance qui sépare la planète de ses soleils est au moins quatre fois plus grande que celle qui sépare les étoiles. Du point de vue de la planète, tout se passe comme si les étoiles ne faisaient qu'une. Peut-on estimer le rayon de l'orbite de Tatooine ? Oui, bien sûr !

(...) Remarquons d'abord que les deux étoiles sont assez semblables à notre Soleil : l'une est jaune et l'autre est orange, laissant supposer qu'elle est un peu plus froide. Si ces deux étoiles étaient trop proches l'une de l'autre, elles devraient être déformées par leur gravité mutuelle. Comme aucune déformation n'est perceptible dans la scène du coucher des soleils, on peut calculer que leur distance est légèrement supérieure à 10 millions de kilomètres. Pour avoir une orbite stable Tatooine doit donc être distante de ces deux étoiles d'au moins 40 millions de kilomètres. En fait, elle ne doit pas être si près, sous peine d'être vraiment trop chaude et totalement inhabitable. Deux cent millions de kilomètres est une bonne position : à cette distance Tatooine reçoit une énergie lumineuse un peu supérieure à celle qui frappe la Terre, ce qui expliquerait son aspect désertique.

D'après Carte blanche à Roland Lehoucq, astrophysicien, http://www.knowtex.com/nav/les-secrets-de-star-wars_26418

1. Les étoiles Tatoo 1 et Tatoo 2

a) En supposant que Tatoo 1 et Tatoo 2 ne sont pas déformées et sont à égale distance de Tatooine, montrer, en s'appuyant sur la photo et sur le texte, que la valeur du rayon de chacune des deux étoiles est environ égale à deux millions de kilomètres. Justifier avec soin la démarche utilisée.

On adoptera pour la suite de l'exercice cette valeur commune pour le rayon des deux étoiles.

b) En supposant que les deux étoiles ont la même masse volumique moyenne que le Soleil, évaluer l'ordre de grandeur de la masse M_{Tatoo} de Tatoo (1 ou 2). Commenter le résultat obtenu.

2. Tatooine en orbite

Du point de vue de Tatooine, tout se passe comme si les étoiles ne faisaient qu'une, l'étoile unique équivalente sera appelée Tatoo 1-2 ; sa masse sera prise égale à $9,5 \times 10^{31}$ kg.

Faire un schéma du système Tatooine-Tatoo 1-2 et représenter sans souci d'échelle la force d'attraction gravitationnelle exercée par Tatoo 1-2 sur Tatooine. Donner son expression vectorielle.

Exercice 3

Pour étudier certaines propriétés de la matière, il est parfois nécessaire que celle-ci ne soit pas en contact avec un support. Voilà pourquoi certains laboratoires développent la lévitation électrostatique.

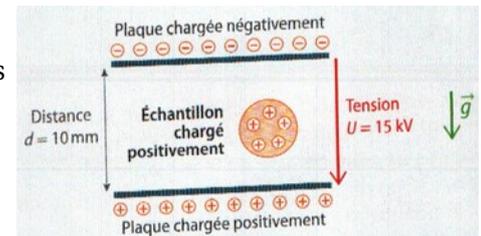
Ainsi aux USA, le département de physique et d'astronomie de l'université de l'Iowa a conçu un four à lévitation électrostatique, constitué d'un condensateur plan dans lequel on place la matière chargée électriquement. On peut ensuite l'observer avec un dispositif de détection. On considérera que l'échantillon immobile ne subit que son poids et la force électrostatique

Document : L'échantillon analysée dans un condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques parallèles distantes de d , soumises à une tension électrique U .

Le champ électrostatique entre les plaques est alors identique en tout point (uniforme), perpendiculaire aux plaques, orienté de la plaque positive à la plaque

négative, et de norme $E = \frac{U}{d}$



Problème : Une boule de tungstène de 2,0 mm de diamètre est chargée positivement et insérée dans le four. Quelle charge électrique doit-elle porter pour être en lévitation électrostatique ?

Donnée : masse volumique du tungstène $\rho_{\text{tun}} = 19,3 \text{ kg.m}^{-3}$ Champ de pesanteur $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$

Volume d'une sphère $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

Exercice 4

Deux billes en verre de même rayon mais de masse différentes sont lâchées sans vitesse initiale la surface d'un tube vertical contenant de l'huile de ricin. L'évolution de la vitesse des bille à été enregistrée (doc 1)

Lors du mouvement les billes sont soumises à 3 forces différentes (doc 2)

Vérifier à l'aide des documents que la viscosité de l'huile de ricin est proche de $0,95 \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$.

Doc 1 : Vitesse des billes dans l'huile au cours du temps

Doc 2 : Forces exercées sur les billes

Force de frottement \vec{f} : force qui s'oppose au mouvement qui est proportionnelle à la vitesse de la bille.

$f = 6\pi\eta r v$ avec η le coefficient de viscosité du fluide, r le rayon de la bille

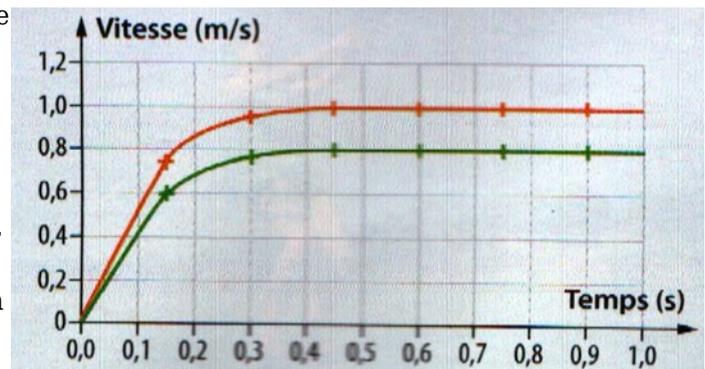
Poussée d'Archimède \vec{A} : force qui s'exerce de bas en haut et qui dépend du volume V de la bille et de la masse volumique de l'huile de ricin. $A = \rho_h V g$

Doc 3 : Données utiles

Billes : rayon $r = 8,0 \text{ mm}$, masse $m_1 = 12,9 \text{ g}$ et $m_2 = 17,2 \text{ g}$;

Volume d'une sphère $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

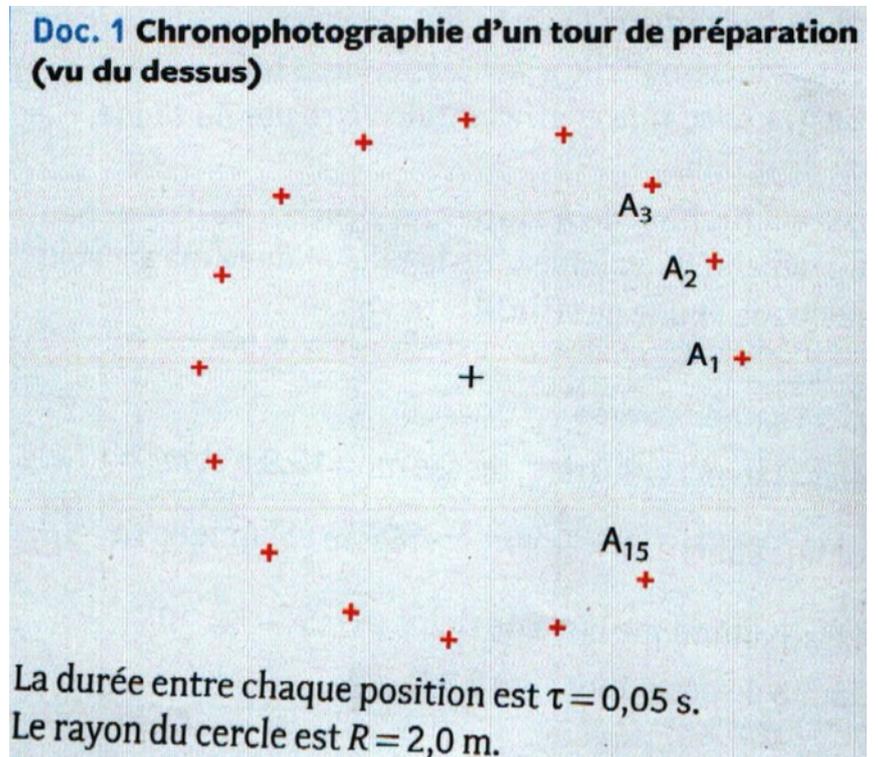
Masse volumique de l'huile de ricin $\rho_h = 970 \text{ kg.m}^{-3}$; Champ de pesanteur $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$



Exercice 5

Lors d'un lancé de marteau, le mouvement horizontal du boulet lors d'un tour vu de dessus est enregistré.

1. Calculer les vitesses v_2 et v_4
2. Tracer les vecteurs vitesses correspondant à l'échelle 1 cm pour 5 m.s^{-1} .
3. Tracer le vecteur $\Delta \vec{v}_3 = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$ au point A_2
4. Montrer que la norme de $\frac{\Delta \vec{v}_3}{\Delta t}$ est proche de 100 m.s^{-2}



Exercice 6

La finale de skateboard du FISE WORLD (Festival International des Sports Extrêmes) s'est déroulée le 5 mai 2016 à Montpellier. Parmi les nombreuses figures réalisées par les skateurs, les enchaînements de « ollie » et de « grind » se sont succédé.

Comment faire un « ollie » ?

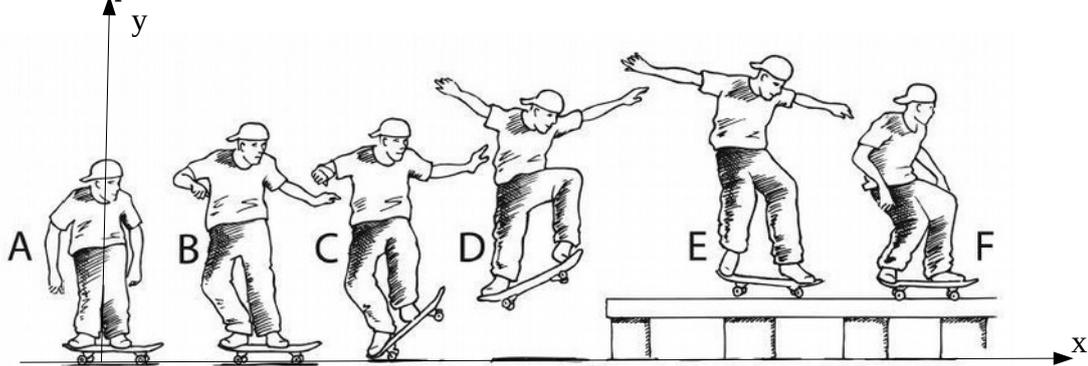


Un « ollie » est la figure de base du skateboard. Il s'agit d'un saut effectué avec la planche (...) Pour réaliser cette figure, il faut donner un bon coup avec votre pied arrière (dessin ci-contre). Il est important de bien faire claquer l'arrière de la planche ; c'est ce qui vous permet de décoller.

D'après <http://fr.wikihow.com/faire-un-ollie>

Enchaînement d'un « ollie » et d'un « grind »

Le skateur avance d'abord en ligne droite à vitesse constante, puis la réalisation d'un « ollie » lui permet d'accéder à un rail et de glisser alors sur les axes de roues et de réaliser ainsi un « grind ». Cet enchaînement peut se décomposer de la manière suivante :



D'après Journal of Applied Biomechanics, University of Massachusetts <http://stilab.com/content/papers/kinetics-of-the-ollie-2.pdf>

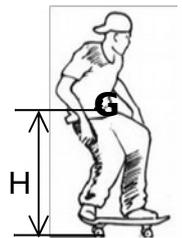
Données :

- hauteur du rail : $h = 60 \text{ cm}$; longueur du trajet sur le rail horizontal : $L = EF = 2,0 \text{ m}$;
- masse du système S {skateur + planche} : $m = 80 \text{ kg}$; intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

L'étude du mouvement du système S {skateur + planche} est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Dans tout l'exercice, le système S, considéré comme indéformable, est assimilé à un point matériel G situé à une distance $H = 1,1 \text{ m}$ du support où se trouve le skateur, quel que soit ce support (sol, rail...).

Les quatre parties de l'exercice sont indépendantes.



A. Parcours AB

1. Quelle est la nature du mouvement du système S sur le parcours AB ?
2. Que peut-on dire, sur ce parcours, des forces exercées sur le système S ? Justifier la réponse.

B. Étude du « ollie »

On s'intéresse à présent au mouvement du système S sur le parcours CE.

Le skateur effectue un « ollie » ; il quitte le sol au point C au moment où sa vitesse est $v_c = 3,6 \text{ m.s}^{-1}$; il atteint le rail au point E avec la vitesse v_E . On néglige les frottements sur le parcours CE.

1. Montrer que la vitesse au point E s'écrit $v_E = \sqrt{v_c^2 - 2gh}$

Toute initiative prise pour répondre à cette question sera valorisée.

2. Calculer la valeur de la vitesse v_E au point E.

Pour toutes les phases du mouvement, on pose que l'énergie potentielle de pesanteur est nulle au niveau du sol.

C. Étude énergétique du « grind »

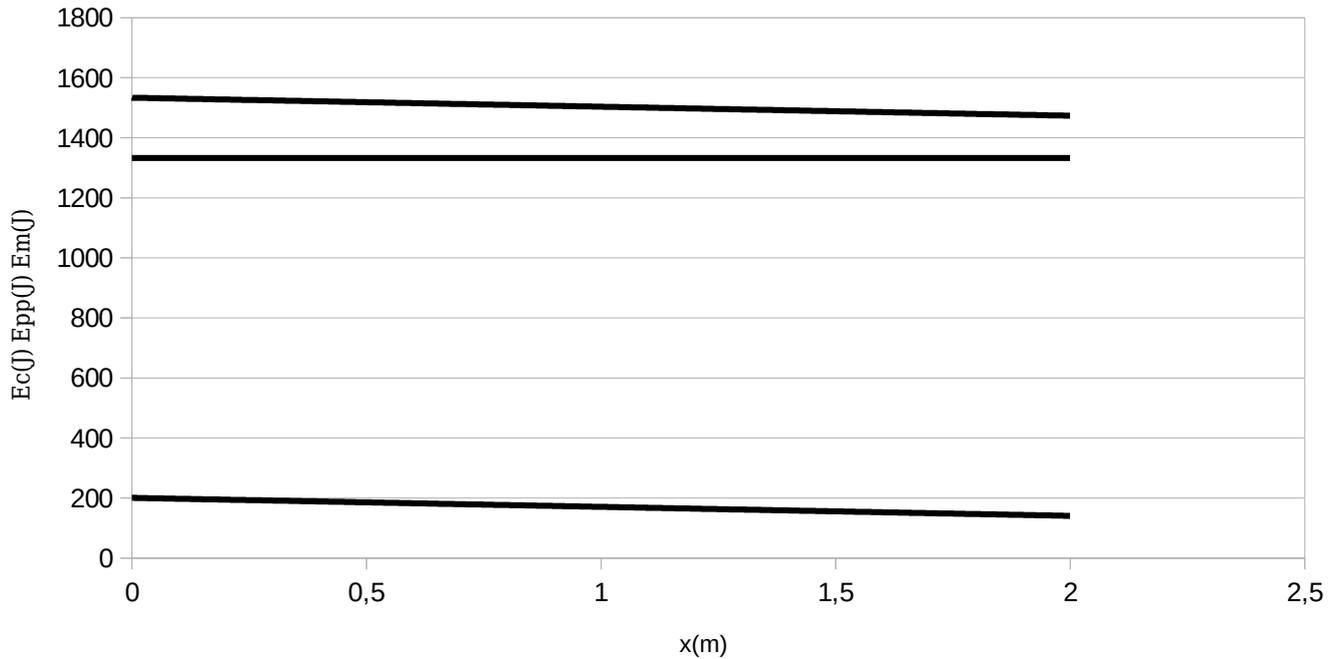
On étudie à présent le mouvement du système S qui glisse sans rouler sur le rail horizontal, du point E au point F.

Les forces de frottement ne sont pas négligeables, elles sont assimilables à une force \vec{f} unique, constante et opposée au sens du mouvement.

1. Le document ci-après rassemble les représentations graphiques de l'évolution des grandeurs énergie potentielle de pesanteur E_p , énergie cinétique E_c , et énergie mécanique E_m du système S sur le parcours EF.

Attribuer à chaque courbe l'énergie qui lui correspond en justifiant.

Evolution des énergies en fonction de la position



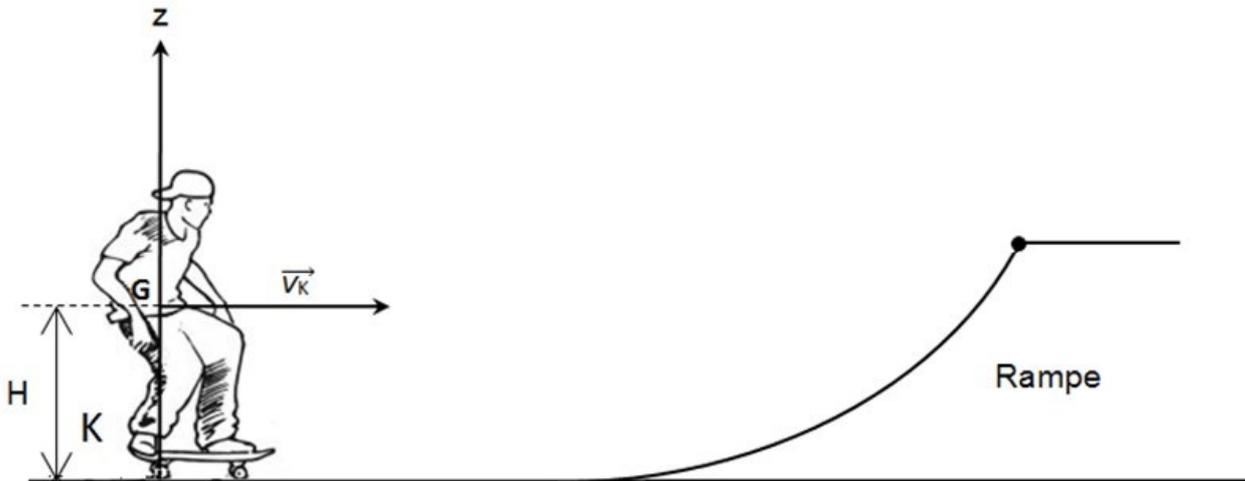
2. Donner l'expression littérale du travail de la force \vec{f} le long du parcours EF.

3. Déterminer la valeur de l'intensité de la force de frottement \vec{f} .

D. Étude énergétique du mouvement sur la rampe

Le skateur quitte le rail, les roues du skate sont de nouveau en contact avec le sol et roulent sans frottement.

Le skateur prend de l'élan jusqu'au point K pour aborder la rampe : la vitesse horizontale atteinte a pour valeur $v_K = 5 \text{ m.s}^{-1}$. Finalement le skateur arrive en haut de la rampe avec une vitesse nulle.



Déterminer la hauteur de la rampe.