

À la découverte de l'énergie des marées

La tête dans les étoiles et les pieds dans le quotidien.



Les petits débrouillards Grand Ouest présentent

À la découverte de l'énergie des marées

La tête dans les étoiles et les pieds dans le quotidien.

Ce livret a été conçu en collaboration entre les petits débrouillards Grand Ouest et l'ENSAB (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Bretagne). Cette initiative est soutenue par le Ministère de la Culture et de la Communication et par la Fondation de France respectivement dans le cadre des programmes de recherche «Ignis Mutat Res. Penser l'architecture, la ville et le paysage au prisme de l'énergie» et «Quels littoraux pour demain?»



Projet
soutenu par

Fondation
de
France



Sommaire

Jeux 

Expériences 

Méli-mélo de mots des marées	4	
Mini rebus des marées	5	
Les explications du Pr Isidore Eka, définitionologue	6	
Les marées en mots croisés	10	
Les océans ont rendez-vous avec la Lune	13	
Au clair de la Lune	14	
Une mise sur orbite	15	
Planter le bâton des marées	16	
Relier les marées à la Lune	18	
Un maré... quoi ?	20	
Les explications du Pr Amar Aibasse	21	
Les interrogations de Zoé	22	
Expérimenter la force vous devez	23	
Le marteau équilibriste	26	
Une fontaine à trois vitesses	27	
Le pot à hoquets	28	
Les explications du Pr. Ella Lumi-Erfu	30	
L'énergie des marées	32	
Une roue à godets	33	
Les secrets de la petite reine	34	
Fabriquer sa propre bobine électrique	35	
Les précisions du Pr Ella Lumi-Erfu	36	
Les humains et la marée	37	
Les moulins à marée	38	
Moteur, ça tourne !	41	
Top 10 spécial hydroliennes	42	
L'énergie dans tous ses états	44	
Produire l'énergie	46	
En route vers le futur	48	
La bibliothèque des marées	52	
Glossaire	53	



On a coutume de dire que dans la baie du Mont Saint-Michel, la marée monte à la vitesse d'un cheval au galop... Cela fait près de 40 km/h ! C'est énorme et c'est vrai, au moins le temps de quelques secondes en des endroits très précis. Une vraie curiosité ! C'est d'autant plus étrange quand on songe que sur les plages du sud de la France, la Méditerranée semble rester à sa place (en fait les marées y parcourent tout de même quelques dizaines de centimètres). Si nos regards se portent sur la côte Atlantique, surprise, d'un endroit à l'autre ce qu'il s'y passe peut être vraiment différent. Comment tout cela peut-il être possible ? Existe-t-il des moyens d'en tirer parti ? C'est ce que nous allons découvrir !



MÉLI-MÉLO

DE MOTS DES
MARÉES

Devinette :

qu'y-a-t-il de pire pour
se comprendre que de ne
pas parler la même langue ?

lorsqu'il est question de marées.
le sens de tous les mots proposés
devez vous faire détective et retrouver
différent. Bonjour les dégâts ! Vous
les mots sont utilisés dans un sens
même langue alors qu'en fait
penser que l'on parle la

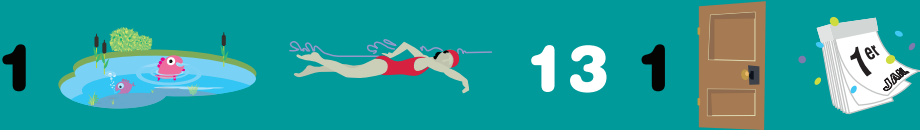
Réponse :

Mini rebus des marées

Solution : Co Haie Phi Scie An Deux Mare Haie - coefficient de marée. C'est une valeur, calculée par le Shom (Service hydrographique et océanographique de la Marine), qui indique si la différence entre la haute et la basse mer sera importante. Il est valable sur toutes les côtes Atlantique et de la Manche françaises.



Solution : Un Mare Nage Treize Un Porte An - un marnage très important. C'est le cas pour les grandes marées, la différence entre le plus haut niveau et le plus bas niveau de l'eau est très importante.



Solution : Lama Ré Dé Cent - la marée descend. Le niveau de l'eau est en train de descendre. Si c'est le début de la marée descendante, le niveau de l'eau peut être encore élevé. Si c'est bientôt la fin, le niveau de l'eau est déjà bas.



Solution : Haie Tas Le Deux Hôte Mer - étale de haute mer. Cela signifie que la mer a atteint sa hauteur maximale et que le niveau de l'eau bouge très peu avant de se mettre à redescendre.



Les explications du Pr Isidore Eka, définitionologue

De nombreux mots que nous utilisons dans notre vie quotidienne prennent des sens différents en fonction du contexte. Par exemple l'expression « le plein » est difficile à interpréter si l'on ne sait pas de quoi il est question. Dans une station service, cela évoquera le fait de compléter le réservoir d'essence. Si la discussion porte sur l'observation de la mer, il sera très certainement question du fait que la marée est haute !



Prenons un exemple : les mots flot et flux. Quand il est question de la marée, ils sont synonymes. Si nous étions en train de parler d'informations, un flot indique qu'il y en a beaucoup. Un flux désigne un canal de diffusion (exemple : prendre connaissance des actualités en suivant le flux d'informations d'une chaîne de télévision).

Quizz : des hauts et débats

QUESTION 1 :

Sur cette image ...

a : la marée est basse.

☐ Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas

b : la marée est montante. ☐

☐ Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas



Maelick, CC-BY-SA 2.0

a : Oui, **b** : Je ne sais pas. Nous sommes dans le port d'échouage de Landrelec (côte de granit rose). À marée basse, les bateaux reposent sur le sable comme sur la photo. Nous n'avons par contre aucun élément qui nous indique si la marée a fini de descendre ou si l'eau a déjà commencé à remonter.

RÉPONSE :

QUESTION 2 :

Sur ces dessins ...

a : la marée est basse.

☐ Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas

b : la marée est montante. ☐

☐ Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas



a : Je ne sais pas, **b** : Oui. Ces deux dessins représentent ce que l'on appelle une échelle de marée. On en trouve encore dans certains ports. Compte tenu de l'intervalle de temps qui sépare les deux dessins et l'évolution du niveau de l'eau, nous sommes certains que la marée est montante. En l'absence d'autre repère, nous ne pouvons pas savoir si la marée est haute ou basse.

RÉPONSE :

Un marnage taquin

Le marnage (**ou amplitude de marée**) désigne la différence entre le plus haut niveau et le plus bas niveau d'une haute et d'une basse mer consécutives. La « zone de marnage » (aussi appelée « estran ») est l'espace qui est alternativement découvert et recouvert par la marée... c'est à dire l'espace dans lequel l'eau se promène ! **Le marnage désigne donc une distance verticale tandis que la zone de marnage correspond à une distance horizontale.**



Niveau moyen de l'eau
(calculé sur une longue durée)

Marnage d'une marée donnée
(calculé entre une haute mer et
une basse mer consécutives)



Et les grandes marées dans tout ça ?

Nous y arrivons ! Il y a quelques marées exceptionnelles, chaque année, quand un grand nombre de facteurs se produisent en même temps. On les reconnaît à leurs **coefficients** qui sont proches du maximum fixé à 120. Le **coefficient** d'une marée est une valeur qui est calculée pour un lieu bien précis : le port de Brest. Comme l'intensité des marées sur les côtes Atlantique et de la Manche se ressemble, un seul calcul (celui réalisé pour le port de Brest) permet d'informer tout le monde.

Avis aux amateurs de calculs, voici la formule :

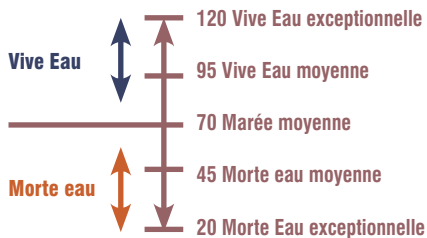
$$C = ((\text{hauteur d'eau de la pleine mer} - \text{hauteur d'eau de la basse mer}) / 6,1) * 100.$$

La valeur 6,1 est spécifique du port de Brest.

Marée moyenne : coefficient proche de 70.

Marée de morte-eau (= marée peu importante) : coefficient inférieur à 45.

Marée de vive-eau (marée importante) : coefficient supérieur à 95.



Les marées en mots croisés

Sur la plage abandonnée, coquillages et mots croisés, vous devez deviner. Astuce : vous n'y parvenez pas ? Aidez-vous des explications du Pr Isidore Eka p.6, elles pourraient bien vous donner des idées !



Horizontal

- 1** Les bébés parfois en ont. Désigne aussi la période durant laquelle la mer descend quand il est question de marées. C'est un synonyme de jasant.
- 2** Elle peut être aussi lumineuse, sonore, sismique, électromagnétique, radio... ou de marée. Dans ce cas, elle désigne la propagation de l'eau à la surface de la Terre.
- 5** Qualifie la marée lorsque la mer gagne du terrain sur la terre.
- 6** Pour une personne agacée, on dit que la coupe l'est ; pour la mer, cela désigne le moment où elle est à son plus haut niveau.
- 8** Deux fois par mois nous avons des marées deeau ce qui donne le sourire aux pêcheurs à pied.
- 10** Adjectif ajouté avant « mer » ou après « marée » pour indiquer que le niveau de l'eau est proche de son maximum.
- 12** Deux fois par mois les marées sont si peu intenses qu'on les dit deeau.
- 13** Parfois minérales, elles sont aussi souvent salées.
- 14** Il baigne les îles et continents, il est parfois découpé en 5 zones à l'échelle de la planète.
- 15** Adjectif ajouté avant « mer » ou après « marée » pour indiquer que le niveau de l'eau est proche de son minimum.

16 Se dit de haute mer ou de basse mer. Désigne le moment où le niveau de la mer ne semble plus bouger.

17 Zone de la côte alternativement recouverte et découverte par la mer.

Vertical

1 Lorsque la marée est descendante, on dit que l'eau se...

3 Différence de hauteur d'eau mesurée entre une haute et une basse mer consécutives.

4 Quand la mer baisse on dit que la marée est...

5 Sèche sur la Lune, elle est pleine d'eau salée sur Terre. Pour beaucoup, elle est synonyme de vacances.

7 Désigne les débris qui forment une ligne plus ou moins continue après que la mer se soit retirée en un lieu. Est généralement complété de « de mer ».

9 Lorsqu'il est pluriel, les matelots naviguent dessus. Au singulier, période durant laquelle la mer monte. Synonyme de flux.

11 Période durant laquelle la mer descend. Synonyme de reflux.



Solution



LES OCÉANS ONT RENDEZ-VOUS AVEC LA LUNE

Les marées se produisent à intervalles réguliers. Nous sommes capables de prédire leur arrivée et même leur intensité.

Savez-vous que cela a un rapport avec le Soleil et la Lune ? Observons ça de plus près.

Au clair de la Lune

Que faut-il ?



Un appareil photo



Un réveil



De la patience !

Que faire ?

Chaque soir à partir d'une nouvelle lune (vérifiez sur un calendrier lunaire), prenez une photo de l'horizon à heure fixe aux alentours du coucher du soleil (les dates sont disponibles dans la plupart des calendriers). Poursuivez pendant 15 à 17 jours. **Qu'observez vous ?**

Comment ça marche ?

La Lune commence à être visible le soir deux jours après la nouvelle lune, c'est le début du cycle (à la nouvelle lune, la Lune présente sa face obscure à la Terre¹, et elle le fait en plein jour, donc on ne la voit pas, position ❶).

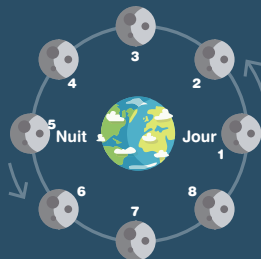
Progressivement, le quartier de lune visible le soir grossit (position ❷ et ❸).

Dans le même temps la Lune continue son « trajet » sur l'horizon. Elle apparaît tous les soirs un peu plus tard et un peu décalée par rapport au jour précédent jusqu'à la pleine lune (position ❺).

Après la pleine lune (position ❻), elle n'est plus visible que plus tard dans la nuit... et aussi le matin lorsque la lumière s'y prête.

Un cycle lunaire complet dure environ 29,5 jours. On appelle « syzygies » la pleine lune et la nouvelle lune. Cela signifie que le Soleil, la Terre et la Lune sont alignés (position ❶ et ❺).

Il existe deux autres cas remarquables : les quadratures (positions ❸ et ❷). Dans ce cas, l'angle Lune-Terre-Soleil est de 90°.



Lune vue de la Terre en hémisphère nord



1
Nouvelle lune



2
Croissant



3
Premier quartier



4
Lune gibbeuse



5
Pleine lune



6
Lune gibbeuse



7
Dernier quartier



8
Croissant

Une mise sur orbite

Que faut-il ?



Une grosse perle



Une petite perle



De la ficelle
(10-30 cm)

Que faire ?

Fixez les deux perles aux extrémités de la ficelle. Prenez la grosse perle entre deux doigts, imprimez un mouvement de rotation le plus rapide possible (en évitant de prendre la petite perle dans la tête!)

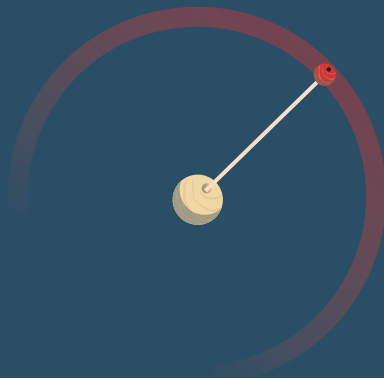
Que se passe-t-il ?

Comment ça marche ?

Vous venez de reproduire l'orbite d'un satellite autour de la Terre ! La ficelle symbolise la force d'attraction de la Terre sur un satellite. En fait, il existe aussi une force d'attraction du satellite sur la Terre. Elle est si faible que souvent, on considère qu'elle compte « pour du beurre ».

L'effet centrifuge que l'on obtient en donnant de la vitesse à la petite perle représente... l'effet centrifuge qui s'applique à un satellite lancé à pleine vitesse dans l'espace !

C'est comme cela que le satellite reste en suspension dans le vide au dessus de la Terre. D'un côté il « fuit » à cause de l'effet centrifuge. D'un autre côté, la force d'attraction de la Terre le retient. Le tout s'équilibre, le satellite est en orbite ! Les mêmes phénomènes expliquent que la Lune est en orbite autour de la Terre. La Terre attire la Lune (et la Lune attire la Terre !) et cela s'équilibre avec l'effet centrifuge dû à la vitesse de la Lune.



¹ Pour mieux comprendre les phases de la Lune, voyez par exemple le documentaire «Les sorciers décrochent la Lune» de C'est pas sorcier.

Planter le bâton des marées

Vous êtes à la plage, la marée est-elle montante ou descendante ? Pour répondre à cette question, vous pouvez vous rendre par exemple sur le site du Shom (Service hydrographique et océanographique de la Marine) dans la section « Prédiction en ligne ».

Plus amusant : réalisez vous-même votre observation des marées.

Que faut-il ?



Deux bâtons
(1m minimum)



Un mètre de
bricolage (2 à 5 m)



Une montre



Un stylo



Un carnet

Que faire ?

Enfoncez solidement un piquet (n°1) au niveau de l'arrivée approximative des vagues sur la plage, notez l'heure, patientez 30 minutes*. Plantez le piquet n°2 au niveau de l'arrivée approximative des vagues, mesurez la distance entre les deux piquets, consignez-la dans votre carnet d'observation avec l'heure. Vous répétez la mesure 30 minutes plus tard en récupérant le piquet n°1 pour en faire le piquet n°3. Répétez l'exercice tout le temps de votre balade à la plage.

Récupérer le bâton n°1
pour en faire le bâton n°2

N°3

N°2

N°1

Mesure toutes
les 30 minutes



*En cas de grande marée, préférer un intervalle de temps plus court (10 ou 15 minutes).

Comment ça marche ?

L'eau avance nettement : la marée est montante. L'eau recule nettement : la marée est descendante. L'eau ne bouge presque pas : c'est la période d'étalement, c'est à dire le temps de « transition » entre la marée montante et descendante. Sur les côtes Atlantique et de la Manche, ce temps là est de l'ordre d'une vingtaine de minutes.

Pour aller + loin

En fonction du temps pendant lequel vous poursuivez vos observations, vous pouvez assister à une, deux, trois ou quatre phases : marée descendante, étalement de basse mer, marée montante, étalement de haute mer. Pour aller de l'étalement de haute mer à l'étalement de basse mer, il faut un peu plus de 6 h. Si vous avez réalisé l'expérience en trois endroits différents et sur une longue période, vous constatez plusieurs choses.

Au même moment d'un endroit à l'autre, l'eau ne se déplace pas à la même vitesse (vous la calculez en divisant la distance par le temps). C'est dû à la pente du sol. Plus elle est importante, plus la quantité d'eau nécessaire pour « parcourir la même distance » est importante.

D'un moment à l'autre au même endroit, l'eau ne se déplace pas à la même vitesse. Plus on s'approche de la mi-marée, plus l'eau avance vite. C'est ce qui explique que par endroits dans la baie du mont Saint-Michel, et le temps de quelques secondes, la marée peut atteindre la vitesse d'un cheval au galop. C'est fonction du stade de la marée, de son importance (son coefficient), ainsi que du relief de la côte.



Relier les marées à la Lune

Reportez les indications données dans le cadre **A** ci-contre. Voyez-vous un lien ?
 Vous pouvez également réaliser cette activité avec la table de marées (par exemple
 téléchargée sur www.maree.info) et l'éphéméride¹ correspondant de votre choix.

Août 2016			Septembre 2016			Octobre 2016			Novembre 2016		
01 L	78	82	01 J	90	92	01 S	90	90	01 M	84	82
02 M	86	90	02 V	93	93	02 D	90	89	02 M	81	78
03 M	92	93	03 S	92	90	03 L	87	85	03 J	76	72
04 J	94	93	04 D	88	85	04 M	82	78	04 V	69	64
05 V	92	90	05 L	82	77	05 M	75	70	05 S	60	55
06 S	87	83	06 M	73	68	06 J	65	60	06 D	51	46
07 D	79	75	07 M	62	57	07 V	55	49	07 L	42	39
08 L	70	64	08 J	51	45	08 S	44	39	08 M	38	40
09 M	59	53	09 V	40	35	09 D	35	32	09 M	43	
10 M	48	43	10 S	32		10 L	32		10 J	48	55
11 J	39	35	11 D	31	32	11 M	35	40	11 V	63	71
12 V	34		12 L	36	41	12 M	47	55	12 S	79	86
13 S	34	36	13 M	48	56	13 J	64	72	13 D	94	100
14 D	40	46	14 M	64	72	14 V	81	88	14 L	105	109
15 L	52	58	15 J	79	87	15 S	96	102	15 M	111	112
16 M	64	71	16 V	93	99	16 D	108	111	16 M	111	109
17 M	77	83	17 S	104	108	17 L	114	114	17 J	105	100
18 J	88	93	18 D	110	111	18 M	113	111	18 V	94	87
19 V	97	100	19 L	111	108	19 M	106	101	19 S	79	72
20 S	102	103	20 M	105	100	20 J	94	86	20 D	64	58
21 D	102	101	21 M	93	86	21 V	77	69	21 L	52	48
22 L	98	94	22 J	78	70	22 S	61	54	22 M	46	45
23 M	89	83	23 V	61	54	23 D	48		23 M	46	
24 M	77	70	24 S	49		24 L	45	45	24 J	49	52
25 J	63	58	25 D	46	46	25 M	47	51	25 V	56	60
26 V	53		26 L	49	54	26 M	55	60	26 S	63	67
27 S	50	50	27 M	59	65	27 J	65	70	27 D	70	73
28 D	53	57	28 M	70	76	28 V	74	77	28 L	75	77
29 L	62	68	29 J	80	84	29 S	80	82	29 M	78	79
30 M	73	79	30 V	86	88	30 D	84	84	30 M	80	80
31 M	83	87				31 L	85	85			

En 2016

Nouvelle lune : 2 août, 1^{er} septembre, 1^{er} octobre, 30 octobre, 29 novembre

Premier quartier : 10 août, 9 septembre, 9 octobre, 7 novembre

Pleine lune : 18 août, 16 septembre, 16 octobre, 14 novembre

Dernier quartier : 25 août, 23 septembre, 22 octobre, 21 novembre

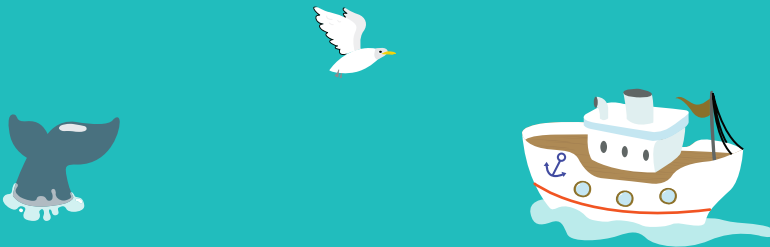


Comment ça marche ?

Les marées de vive-eau (coefficient supérieur ou égal à 95) se produisent toujours juste après les nouvelles et pleines lunes (appelées aussi syzygies, cela signifie que le Soleil, la Terre et la Lune sont alignés). Les marées de morte-eau (coefficient inférieur à 45) se produisent toujours juste après les premiers et derniers quartiers de Lune (quadratures, pour plus de détails sur les phases de la Lune voir Au clair de la lune p.14)

Tout ceci est dû au fait que les marées sont provoquées par les influences que la Lune et le Soleil exercent sur les océans (pour plus de détails, voir Les explications du Pr. Amar Aibasse p.21). Quand elles s'unissent (lors des pleines lunes et nouvelles lunes), les coefficients sont élevés. Quand elles s'opposent (quadratures), les coefficients sont faibles.

Mais alors, pourquoi un tel décalage dans le temps entre les marées et les configurations Terre-Lune-Soleil ? Parce que l'eau met du temps à se déplacer, nous parlons de milliards de m³. En plus, elle rencontre des obstacles, des côtes, des détroits, des îles, etc. La durée qui s'écoule entre les phases de la Lune et l'arrivée des marées est appelé « âge de la marée ».

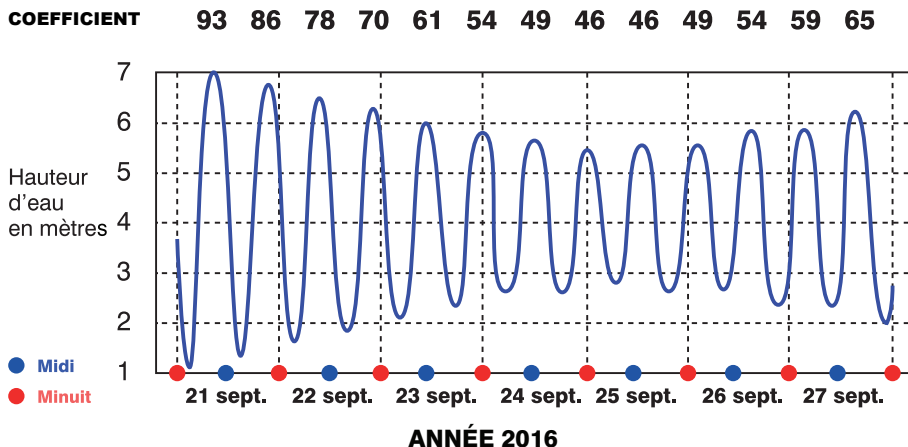


¹ **Éphéméride :** table astronomique... Autrement dit, pour cette activité, vous avez besoin d'un calendrier incluant les phases de la Lune, on les trouve facilement !



Un maré... quoi ?

Un marégramme ! Ces graphiques représentent les hauteurs d'eau en un lieu donné en fonction du temps qui passe. Plutôt joli, n'est-ce pas ? Celui-ci représente les hauteurs d'eau dans le port de Brest pendant 7 jours associées aux coefficients de marée. À votre avis, quel est le meilleur jour pour prévoir de partir à la pêche à pied ?



Comment ça marche ?

Les plus forts coefficients de marée se produisent le 21 septembre. Le coefficient est calculé pour la hauteur d'eau maximale d'une marée haute (en fait, les coefficients que nous connaissons sont tous calculés à partir de la hauteur d'eau maximale prévue pour une marée dans le port de Brest !). Or, plus le niveau de l'eau est élevé à marée haute, plus il sera bas aux marées basses qui précèdent et suivent. Cela veut dire que si ce jour-là, vous vous rendez sur les plages avoisinantes, la mer va reculer très loin à marée basse, l'idéal pour un pêcheur à pied ! La première basse mer du 21 septembre est entre 2 et 4h du matin... mauvaise idée. Par contre la seconde basse mer est entre 14h et 16h. Beaucoup mieux n'est-ce pas ?





Les explications du P^r Amar Aibasse

C'est Isaac Newton qui a trouvé comment expliquer le lien entre les marées et la position de la Lune et du Soleil à la fin du 17^e siècle. Dans sa théorie, il existe une force qui agit à distance. C'est la gravitation. D'ailleurs, nous connaissons bien ce qu'est une influence gravitationnelle. C'est celle de la Terre qui nous garde les pieds au sol !

Le Soleil et la Lune sont loin. Les influences gravitationnelles qu'ils exercent sur Terre sont affaiblies par la distance. Pour cette raison, nous ne les remarquons pas. Pourtant elles sont bien là. La Lune et le Soleil attirent l'eau des océans vers eux. Cela forme des espèces de gigantesques bosses. Les bosses de l'océan « suivent » la Lune et le Soleil. Du mal à visualiser ? Imaginez donc que le Soleil et la Lune sont de gigantesques aimants dans le ciel et que l'eau est de la limaille de fer. Voilà, vous y êtes !

Lorsque la Lune, la Terre et le Soleil s'alignent, les influences de la Lune et du Soleil s'additionnent. Lorsque la Lune, la Terre et le Soleil forment un angle droit, les influences de la Lune et du Soleil se contrarient. C'est l'une des raisons qui font que l'intensité des marées varie.

Les interrogations de Zoé

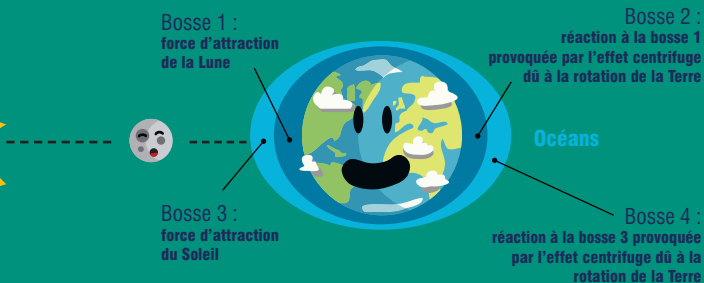


Hé, hé, professeur,
j'ai des questions !



Voilà, si c'est la Lune et le Soleil qui attirent l'eau des océans pour former des bosses d'eau, **à la pleine lune les effets de la Lune et du Soleil devraient être opposés**, et là, quand je fais l'expérience « Relier les marées à la Lune », on m'explique que c'est le contraire, qu'ils s'additionnent.

Nouvelle lune

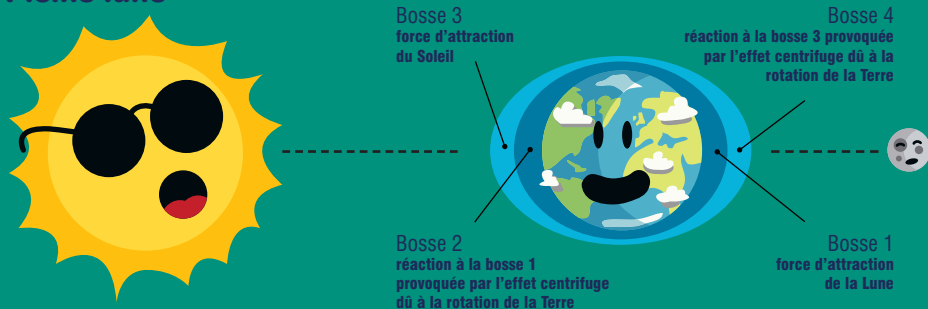


Eh oui Zoé. **C'est parce qu'une bosse peut en cacher une autre !**

En fait, la Lune provoque la formation de deux bosses d'eau dans les océans. Il y en a une qui lui fait face, elle est due aux forces d'attraction, appelons la n°1. La deuxième est due au fait que la Terre tourne sur elle-même et à l'effet centrifuge, appelons la n°2. Elles se situent à l'opposé l'une de l'autre. C'est la même chose pour le Soleil. Appelons les bosses dues au Soleil n° 3 (forces d'attraction) et n°4 (effet centrifuge).

C'est pour cette raison que les effets de la Lune et du Soleil s'additionnent durant la pleine lune et la nouvelle lune. Les bosses formées s'associent différemment (1 + 3 et 2+ 4 en nouvelle lune, 1 + 4 et 2 + 3 en pleine lune), mais le résultat est le même. Nous avons deux périodes de marées de vive-eau par mois lunaire.

Pleine lune



Ok, ok, mais alors... c'est quoi la différence entre grandes marées et marées de vive-eau ?



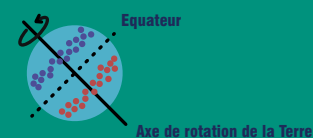
Les grandes marées, c'est quand deux phénomènes se produisent en même temps : les marées de vive-eau (2 fois par mois) et les marées d'équinoxe (2 fois par an).

Les marées d'équinoxe sont des marées dont l'intensité est augmentée en raison de la position particulière du Soleil.

L'été en Europe, la Terre présente l'hémisphère nord au Soleil. L'hiver c'est l'inverse, elle présente l'hémisphère sud. Aux équinoxes de printemps et d'automne (quand le jour et la nuit ont la même durée), la Terre présente son équateur. Dans ces moments là, les deux bosses d'eau opposées qui se forment sous l'influence du Soleil (les n° 3 et 4) restent sur l'équateur au lieu de se répartir entre hémisphère nord et sud. De ce fait, elles concernent les mêmes masses d'eau, cela accentue les bosses.

Les bosses d'eau se propagent dans tous les océans du monde, rebondissent sur les côtes, s'infiltrent entre les continents. On appelle cela une « onde de marée ». Comme nous connaissons les mécanismes

Hiver dans l'hémisphère nord



Été dans l'hémisphère nord

- Trajets de la bosse 3 quand la Terre tourne
- Trajets de la bosse 4 quand la Terre tourne

de formation des ondes de marées, la façon dont l'eau se comporte et la géométrie des océans et des continents, les scientifiques du Shom à Brest sont capables de faire des prédictions de marées très précises. S'y ajoute ensuite les effets météo. Par exemple les vents peuvent s'opposer aux ondes de marées ou au contraire les accentuer.



D'accord ! Et les marées du siècle ?

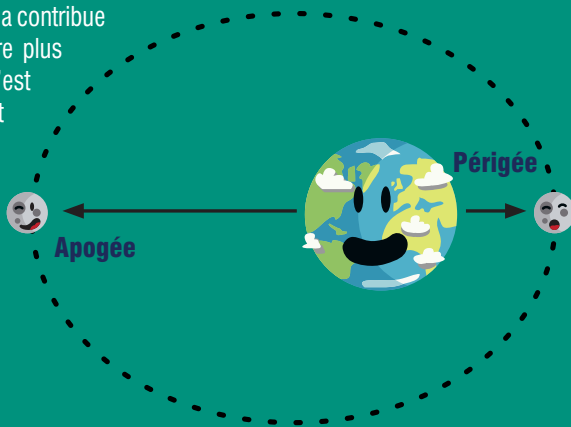
Je le sais, il y en a eu une le 21 mars 2015.



Les marées du siècle sont dues au fait que plusieurs phénomènes astronomiques se produisent en même temps. Nous avons vu les grandes marées. Pour les marées du siècle, la distance Terre-Lune vient s'ajouter aux marées de vive-eau et aux marées d'équinoxe.

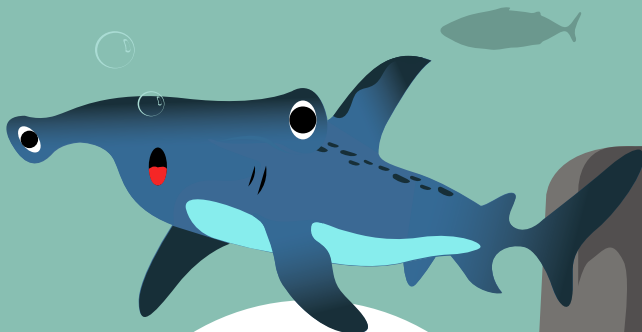
L'orbite de la Lune autour de la Terre est une ellipse excentrée par rapport à la Terre. La distance minimale Terre-Lune (périgée) est de 356 371 km. La distance maximale Terre-Lune (apogée) est de 406 720 km. Or, plus la Lune est proche, plus son influence sur les océans grandit. **Quand la Lune parvient à son périgée en même temps que les grandes marées, nous avons des marées du siècle. En fait, le terme est exagéré, elles se produisent tous les 18,5 ans environ.**

La dernière fois que cela s'est produit, c'était le 21 mars 2015. Le coefficient calculé par le Shom était de 119, sachant que le maximum est à 120. Les phases de la Lune, l'angle de la Terre par rapport au Soleil et la distance Terre-Lune sont les principaux facteurs qui influencent l'intensité des marées. Il en existe d'autres. À chaque fois qu'un autre de ces facteurs s'ajoute aux autres, cela contribue à rendre les marées du siècle encore plus intenses... Le coefficient de 119 qui s'est produit le 21 mars 2015 s'est traduit par un marnage de plus de 14 m dans la baie du Mont Saint-Michel ! Les prochaines marées du siècle sont prévues pour le 3 mars 2033 et le 14 mars 2051.



EXPÉRIMENTER LA FORCE VOUS DEVEZ

Newton je suis
ton mètre !



Oublions pour un temps les marées, et jouons avec les forces fondamentales qui nous entourent. Oui oui, elles sont bien là, sous nos yeux et dans notre quotidien. Avec un brin d'astuce, il est tout à fait possible de les expérimenter !

Le marteau équilibriste

Que faut-il ?



Un marteau



Une règle



Un élastique



Une table

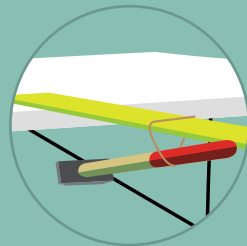
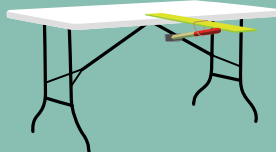
Que faire ?

Passez l'élastique autour de la règle, insérez-y le manche du marteau, placez le bout de la règle sur la table et la tête du marteau sous la table. **Que se passe-t-il ?**

▶ www.wikidebrouillard.org → Équilibre marteau & règle

Comment ça marche ?

Le montage tient en équilibre sur le bord de la table. Au départ le marteau se balance un peu dans l'élastique (il faut parfois un peu tâtonner pour trouver le point d'équilibre). La règle dépasse largement de la table. Dans ces cas-là, notre expérience de la vie nous fait anticiper une chute. Raté. La règle est accrochée au marteau par l'élastique, le manche appuie sur la règle. Or, la tête du marteau est en métal, elle est très lourde. C'est elle qui « concentre » la plus grande partie du poids du montage. Conséquence : le point d'appui réel de l'ensemble règle/élastique/marteau est au dessus de la tête du marteau... c'est à dire sur la table !



À quoi ça sert ?

Les forces dans ce montage sont en équilibre les unes par rapport aux autres. Il y a le poids. Il y a également des forces de contact qui s'appliquent... par contact ! Quand on fait le bilan de toutes les forces, elles s'équilibrent. C'est pour cette raison que le montage est en équilibre.

Une fontaine à trois vitesses

Que faut-il ?



Une bouteille



Objet pointu



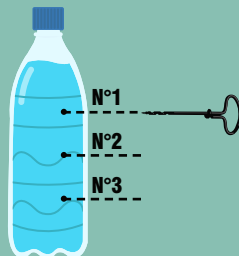
De l'eau

Que faire ?

Remplissez la bouteille d'eau, percez trois trous identiques dans sa paroi latérale, l'un tout en bas, le deuxième au milieu, le troisième en haut. **Qu'observez-vous ?**

Comment ça marche ?

Trois jets d'eau s'échappent de la bouteille. Les vitesses d'écoulement et la taille des jets sont différentes d'un trou à l'autre. Le jet du bas est le plus rapide, celui du haut le plus lent. Ceci est dû au poids de l'eau dans la bouteille. En bas, la hauteur d'eau au niveau du trou est la plus grande, le poids de l'eau est plus important. Il « pousse » l'eau vers l'extérieur plus fort qu'en haut de la bouteille.



Ça veut dire quoi ?

L'énergie « contenue » dans le poids de l'eau est appelée énergie potentielle. Elle est dépendante de l'attraction terrestre. Quand on perce un trou, l'eau coule. Ce qui était énergie potentielle se retrouve sous forme d'énergie cinétique (l'énergie « contenue » dans le déplacement). Et oui, le poids d'un objet « contient » en lui de l'énergie !

Le pot à hoquets

Que faut-il ?



Un bocal et son couvercle



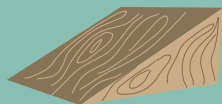
De l'eau



Du sucre



Du citron



Un plan légèrement incliné



Une casserole



Un objet dense, lourd et allongé plus court que la hauteur du pot

Que faire ?

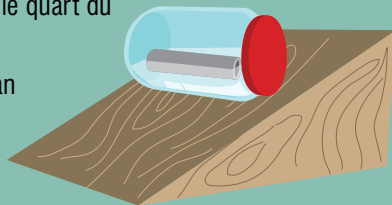
Mouillez 100gr de sucre en poudre avec de l'eau (le sucre doit être translucide, il ne doit pas contenir d'eau liquide « libre » au dessus du sucre). Chauffez-le à la casserole. Lorsque tous les grains de sucre ont fondu, ajoutez-y l'équivalent du jus d'un demi citron (attention, ça mousse très fort !) Mélangez en faisant tourner la casserole (aucun objet ne doit être mis en contact avec le sucre tant que le citron n'y a pas été complètement mélangé). Quand tout est homogène, coupez le feu et laissez refroidir un peu. Versez dans le bocal, ajoutez votre objet, fermez à l'aide du couvercle et renversez sur le côté.



Le sirop de sucre doit être visqueux mais rester liquide. Si votre sirop n'est pas assez liquide, il est possible de le remettre légèrement à chauffer de manière à y incorporer un peu plus d'eau. S'il est trop liquide, recuisez le brièvement pour le durcir. Le sirop doit occuper environ le quart du volume du bocal.

Positionnez votre pot allongé sur le côté en haut du plan légèrement incliné et laissez le sucre se « mettre à niveau ».

Lâchez. Que se passe-t-il ?



Comment ça marche ?

Le pot avance sur le plan incliné par « hoquets » successifs. Par transparence, nous voyons ce qui se passe. Le bocal avance, le sirop reste en arrière, il n'a pas encore eu le temps de couler. Comme le sucre est collant, il garde la barre en fer en arrière. La majorité du poids du bocal est en arrière donc le bocal s'arrête. Le sucre coule, le poids arrive au milieu du bocal, le bocal se remet en mouvement.

Pour en savoir +

Dans cette expérience, nous voyons la gravité terrestre s'appliquer à des objets qui ont des propriétés différentes. Les solides ronds roulent, le liquide se déforme. Comme ils sont liés entre eux, nous assistons à des bascules à intervalles réguliers. Dans tous les cas, il y a un mouvement provoqué par une force. Cette force, c'est le poids. Le poids est lié à la masse de l'objet qui est attirée par la Terre. Au début, le poids est en hauteur. Tant que nous gardons la main sur le bocal, le poids s'équilibre avec la force que nous mettons pour tenir le bocal. Quand nous enlevons la main, il n'y a plus rien pour compenser le poids. Le bocal se met en mouvement.

Toute ressemblance entre ce qui arrive au sirop de sucre sous l'influence de la gravité terrestre et ce qui arrive aux océans sous les influences gravitationnelles du Soleil et de la Lune est absolument normale : ce sont des phénomènes de même nature.





Les explications du P^r Ella Lumi-Erfu

Il existe un domaine des sciences physiques qui s'appelle la **mécanique classique**.

Il utilise plusieurs mots courants dans un sens un peu différent de celui qu'on leur donne au quotidien. Si on compare **le langage courant** et la **mécanique classique**, **la force** de Zoé et **la force appliquée** par Zoé quand elle ouvre une porte, ce n'est pas tout à fait la même chose.



La force
de Zoé



La force
appliquée
par Zoé

C'est pareil pour le mot « **travail** ».

Le **travail** c'est le changement provoqué par une **force**, quelle qu'elle soit.

Le travail
de Zoé :
elle est
portier



Le travail
de la force
de Zoé =
le mouvement



C'est aussi la même chose pour le mot « **énergie** ».

Dans le cas du mouvement de la porte, l'**énergie** (la quantité de **travail**) est de l'**énergie cinétique**. Cette logique là est applicable... au poids ! Eh oui ! Le poids est une **force**. Elle trouve son origine dans l'attraction terrestre. Le **travail** de cette **force** s'appelle **énergie potentielle**. Nous le ressentons quand nous portons quelque chose.

Zoé est
pleine
d'énergie



L'énergie
c'est la
quantité
de travail
réalisée par
une force



L'ÉNERGIE DES MARÉES



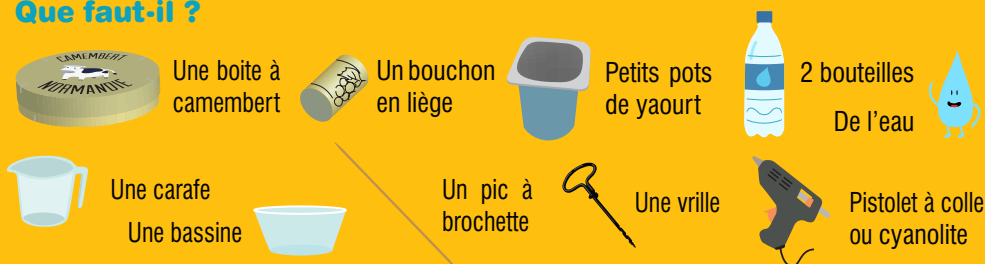
Capter l'énergie
des marées revient
indirectement à mettre
les forces gravitationnelles
de la Terre, de la Lune
et du Soleil au travail !

**Comment nous y prenons-
nous concrètement ?**

¹ **Poids et masse** ce n'est pas la même chose ! La masse est la quantité de matière d'un objet. Le poids est la masse d'un objet en **interaction** avec la masse d'un autre objet... Sur Terre, notre poids (qui résulte de l'attraction terrestre) est la force qui nous tient les pieds au sol (à voir page 33).

Une roue à godets

Que faut-il ?



Que faire ?

Découpez le rebord des pots. Collez la boîte à camembert en position fermée, collez les pots à intervalle régulier sur la tranche de la boîte. Coupez le bouchon en liège en deux, pré-percez les morceaux en leur centre. Pré-percez la boîte à camembert en son centre. Enfilez sur le pic à brochette la boîte à camembert entourée des deux demi-bouchons et serrez le tout. Remplissez à moitié deux bouteilles en plastique avec de l'eau. Percez deux petits trous en hauteur sur les deux bouteilles et enfillez-y les extrémités du pic à brochette. Mettez votre montage dans la grande bassine, faites couler l'eau de la carafe dans les godets par le dessus. **Qu'observez vous ?**



Comment ça marche ?

La roue à godets tourne. L'eau dans la carafe est soumise à l'attraction terrestre. Quand on la verse, elle tombe. Elle arrive sur les godets avec une certaine vitesse. Cela pousse le godet. Celui-ci est fixé à une roue, qui elle-même est fixée à un axe. Le godet et la roue sont donc « forcés » de tourner pour bouger. Le godet suivant arrive sous le jet d'eau, le cycle recommence.

À quoi ça sert ?

L'eau dans la carafe interagit avec la Terre. Cela confère un poids¹ à l'eau. À ce stade là, c'est l'équilibre, tout se compense. Quand on verse l'eau, cette **force** (le poids de l'eau) produit un **travail**. Il y a mouvement. L'**énergie** « attachée » à l'eau dans la carafe est de l'**énergie potentielle**. L'**énergie** attachée à l'eau qui se déplace est de l'**énergie cinétique**. L'**énergie cinétique** de l'eau est transmise au godet par contact. L'**énergie cinétique** du godet est transmise à la roue par contact. La géométrie de la roue transforme un mouvement qui était linéaire (en ligne droite) en un mouvement circulaire (en forme de cercle).



Les secrets de la petite reine¹

Que faut-il ?

Un vélo (de préférence à plusieurs vitesses), une structure à laquelle fixer le vélo de manière à ce qu'il ne repose pas sur le sol et que le pédalier et la roue arrière tournent librement.



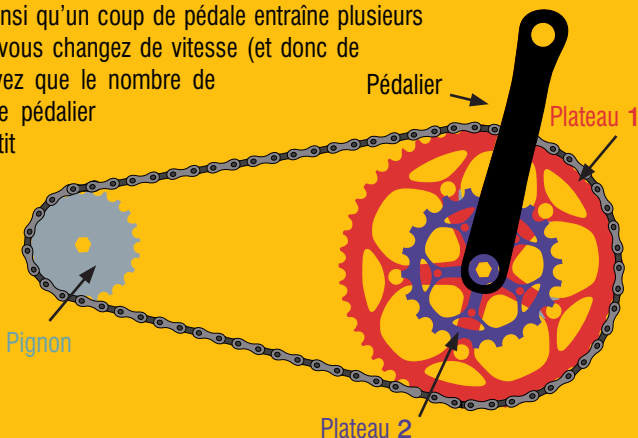
Que faire ?

Actionnez le pédalier avec une main tout en observant plusieurs éléments : quel est le mouvement que vous réalisez avec la main, quel est le mouvement du pédalier, pour chaque tour de pédalier, combien de tours fait la roue ? Si vous possédez un vélo à plusieurs vitesses, reproduisez la manipulation pour chaque vitesse en étant attentif à l'intensité de la force que vous appliquez.

Comment ça marche ?

Pour actionner le mécanisme du vélo, vous forcez sur la pédale. Le mouvement se transmet de proche en proche grâce à l'agencement et la géométrie des différentes pièces.

Le pignon arrière est beaucoup plus petit que le plateau au niveau du pédalier. Si on observe les crans portés par le pignon et ceux portés par le plateau, ils parcourent exactement la même distance. Mais comme il y a moins de crans sur le pignon, au final celui-ci fait plus de tours que le plateau. C'est ainsi qu'un coup de pédale entraîne plusieurs tours de la roue arrière du vélo ! Si vous changez de vitesse (et donc de plateau ou de pignon), vous observez que le nombre de tours de roue provoqué par tour de pédalier est différent. Plus le pignon est petit par rapport au plateau, plus la différence entre les nombres de tours est importante. C'est un effet démultiplicateur, et il a un « prix ». Plus l'effet démultiplicateur est important, plus il faut forcer pour faire un tour avec le plateau.



Fabriquer sa propre bobine électrique

Que faut-il ?



20 cm de fil de cuivre
(dénudez-en les extrémités)



du scotch



une pile 4,5 V
possédant des bornes qu'il
est possible de bouger



deux épingles à
nourrice métalliques



un aimant

Que faire ?

Scotez les épingles à nourrice chacune sur une borne de la pile, leurs extrémités dépassant largement. Enroulez le fil de cuivre autour de trois doigts, enroulez les extrémité en deux points opposés de l'ellipse ainsi formée pour la fixer. Les extrémités du fil doivent dépasser assez largement de part et d'autre.

Insérer les deux extrémités de votre bobine dans les cercles des épingles à nourrice. Approchez votre aimant de la bobine sans la toucher. Au besoin, « démarrez » la bobine en la poussant du doigt dans un sens puis dans l'autre.

Que se passe-t-il ?

Comment ça marche ?

La bobine se met à tourner autour de l'axe formé par ses deux extrémités dénudées. Cette rotation continue tant que l'aimant est à proximité. Vous venez de fabriquer un moteur électrique ! Le principe est le suivant : le passage d'électricité dans une bobine soumise à l'influence d'un aimant provoque un mouvement.

À quoi ça sert ?

Ici, la **force** qui est en jeu est une **force électromagnétique**. C'est elle qui produit du **travail** (le mouvement de la bobine, il y a donc **énergie cinétique**). Le système du moteur électrique peut fonctionner dans les deux sens. Si on alimente une bobine en **énergie électrique**, on produit du mouvement (**énergie cinétique**, exemple : un ventilateur). Si on alimente une bobine avec du mouvement (**énergie cinétique**), on produit de l'**énergie électrique** (exemple, la dynamo d'un vélo... ou une usine marémotrice² !)

² Usine qui produit de l'électricité à partir de l'énergie des marées.





Les précisions du Pr Ella Lumi-Erfu

Nous possédons de nombreux dispositifs qui canalisent l'**énergie**. Le mot « canaliser » est important. L'**énergie**, ça ne sort pas du néant. Quand on allume une bougie, il y a de la chaleur et de la lumière. Les deux représentent de l'**énergie** (**énergie thermique** et **énergie lumineuse**). Cette énergie était déjà présente avant d'allumer la bougie. Elle se « situait » dans ce qui « tenait » les atomes et les molécules de la bougie

ensemble. Il y a autant d'**énergie** et de matière avant et après avoir allumé la bougie, c'est juste la façon dont la matière et l'**énergie** s'organisent qui change.

Antoine Lavoisier était un scientifique du 18^e siècle. En parlant de la matière il aurait affirmé « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». Et en fait matière et **énergie** sont liées ! Détail amusant : Lavoisier avec sa maxime reprenait les idées d'un philosophe grec nommé Anaxagore. Il aurait vécu 500 ans avant J.C. et affirmé dès cette époque : « Rien ne naît ni ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau. »

Pour canaliser l'énergie des marées, nous utilisons 3 types de dispositifs :

- Ceux qui « échangent » **énergie potentielle** (hauteur d'eau) et **énergie cinétique** (mouvement, exemple : la roue à godet) quand il y a une différence de hauteur d'eau,
- Ceux qui transforment le mouvement (exemple : le vélo),
- Ceux qui « échangent » **énergie cinétique** (mouvement) et **énergie électrique** (exemple : la bobine électrique).

La boucle est bouclée, nous avons tout le nécessaire pour passer de l'**énergie** des marées à l'électricité dans nos maisons !

LES HUMAINS ET LA MARÉE

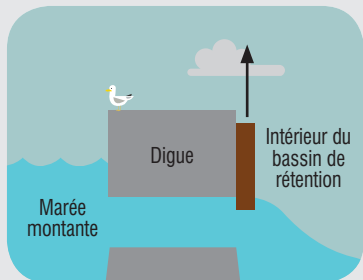
L'énergie des marées est utilisée depuis les temps anciens. Par exemple, la localisation de plusieurs villes bretonnes originellement fondées par les gallo-romains ou au Moyen-Âge a beaucoup à voir avec les marées. Elles se trouvent en fond d'estuaire à l'endroit où les marées n'influent plus sur les fleuves côtiers. D'un côté, elles sont à l'abri des forces de l'océan. De l'autre, la circulation des bateaux sur les cours d'eau est facilitée grâce au flot (marée montante) pour se rendre en ville et à l'inverse pour descendre en utilisant le jusant (marée descendante). C'est le cas d'Auray, Dinan, Lannion, Morlaix, Quimper, Vannes, etc.

Les moulins à marée

Dans les temps anciens, les humains utilisaient l'énergie de la marée grâce à des moulins un peu particuliers. Ils sont très fréquents dans certaines zones (golfe du Morbihan, estuaire de la Rance). Le principe est le suivant : l'eau de la marée montante est retenue dans un bassin. Quand la mer est à nouveau basse, on ouvre une trappe dans le bassin pour créer un courant qui entraîne une roue. Ce mouvement est ensuite utilisé, par exemple pour fabriquer de la farine.

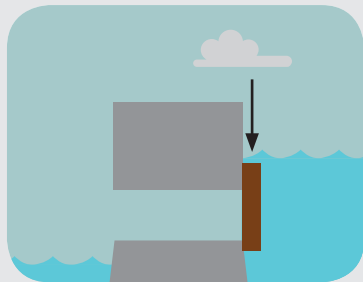
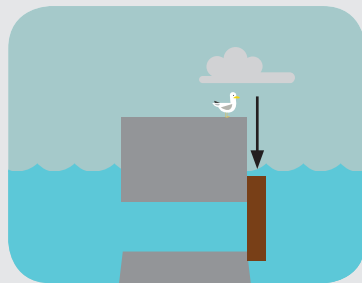


Pour son anniversaire, Zoé a reçu une maquette de moulin à marée, pouvez-vous l'aider à reconstituer la notice pour comprendre comment ça marche ?



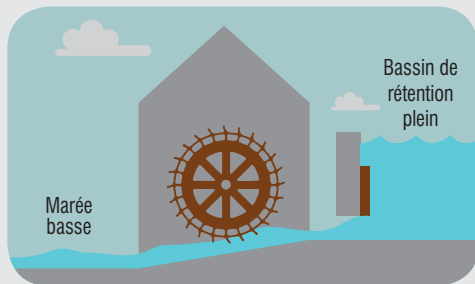
À marée haute, une trappe dans la digue est**(1)**. L'eau remplit le bassin de rétention.

Quand le bassin est plein, la trappe est fermée avant que le niveau de l'eau recommence à**(2)**.



La marée descend, une**(3)** de hauteur d'eau se crée.

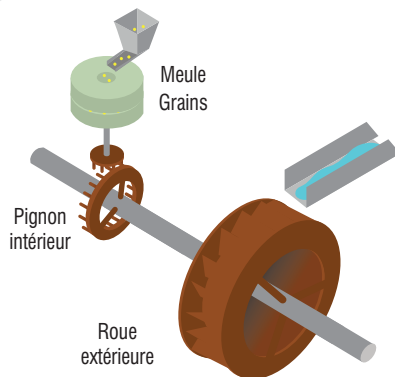
Le moulin va être actionné grâce à la différence de(4).



Quand une porte est ouverte au niveau de la roue du moulin, l'eau s'échappe et la pousse. Le mouvement linéaire de l'eau est converti en(5).

La rotation de la roue extérieure est(6) à un pignon intérieur. La rotation du pignon intérieur est transmise à une.....(7). La meule en tournant écrase les grains de blé pour en faire de la(8).

Avec deux.....(9) par jour, le moulin peut fonctionner entre huit et dix heures par jour.

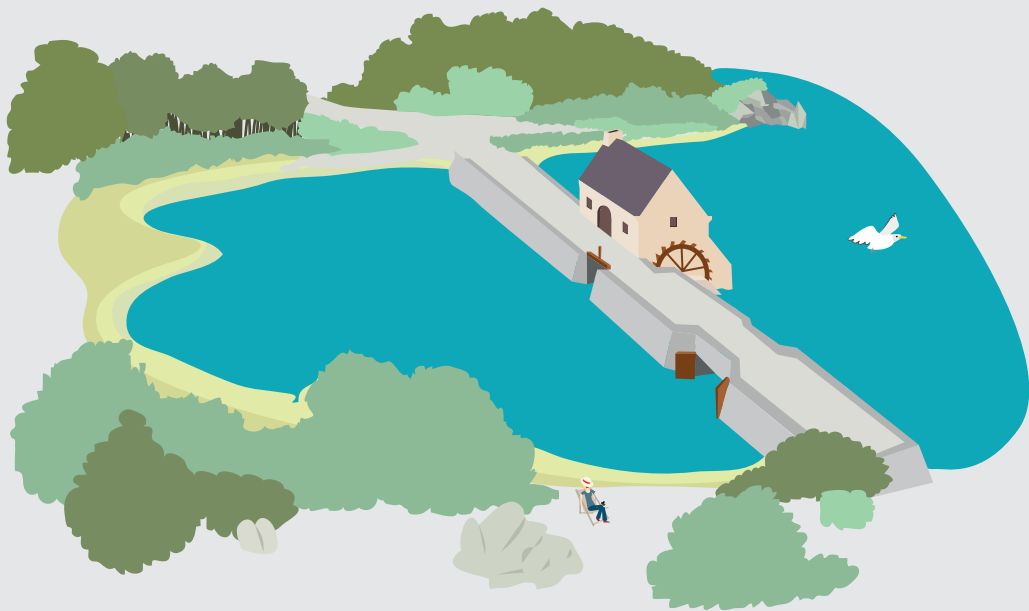


Mots à remplacer : **A** baisser, **B** meule, **C** farine, **D** hauteur d'eau, **E** rotation, **F** transmise, **G** différence, **H** ouverte, **I** marées.

Solution : 1H ; 2A ; 3G ; 4D ; 5E ; 6F ; 7B ; 8C ; 9I



Beaucoup des **moulins à marée** que l'on trouve en France sont des moulins à farine. Il en existe d'autres sortes : lavage du sel, fabrication de glace, teillage du lin (une étape de la transformation de la plante en fibre textile), broyage d'écorce de chêne pour la tannerie, etc. Certains moulins ont été reconvertis d'une activité à l'autre au cours de leur histoire. Parmi les moulins à farine, il existe des variations locales : meules verticales, remplissage du bassin automatique...



« dessin d'après J.-L. Boithias et A. de La Vernhe »

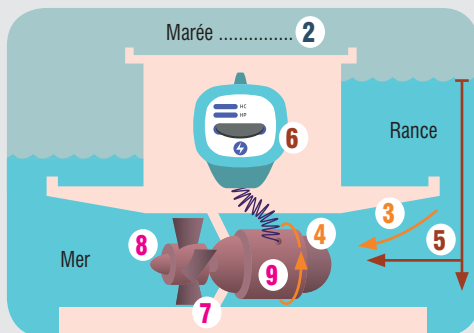
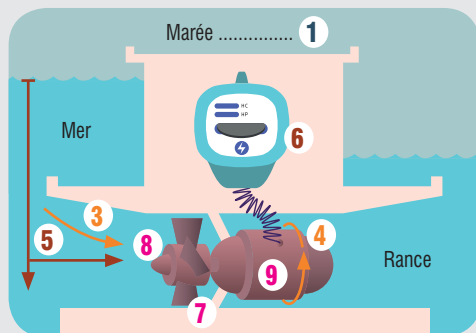
Moteur, ça tourne !

L'usine marémotrice de la Rance près de Saint-Malo produit de l'électricité à partir de l'énergie des marées. Elle est incluse dans un barrage qui ferme l'estuaire de la Rance. Cela forme une retenue d'eau, un peu comme dans un moulin à marée. Elle est la plus ancienne usine de ce type au monde (installation : 1966). Elle est restée la plus puissante pendant 45 ans, jusqu'à la construction de l'usine de Sihwa Lake en 2011 en Corée du Sud.

Reconstituons tout cela : vous devez replacer les termes proposés au bon endroit sur les dessins.

La marée : montante, descendante. **Le mouvement** : mouvement en ligne droite, rotation.

L'énergie : énergie potentielle, énergie électrique. **La machinerie** : pâles orientables, rotor, aimant + bobine.



Solution : 1 montante ; 2 descendante ; 3 mouvement en ligne droite ; 4 rotation ; 5 énergie potentielle ; 6 énergie électrique ; 7 pâles orientables ; 8 rotor ; 9 aimant et bobine

Lorsque la marée monte ou descend, le barrage retient l'eau. L'énergie potentielle s'accumule (voir p.27). Le poids de l'eau met en mouvement la turbine (il fournit un travail, voir p.31). Les pâles sont orientables. En fonction du sens dans lequel l'eau s'écoule, elles s'inclinent et peuvent donc continuer à faire tourner les turbines. Au contraire d'un moulin à marée, l'usine marémotrice peut fonctionner dans les deux sens, à marée descendante et à marée montante. Comme le système est moins efficace à marée montante, il est moins utilisé (environ une semaine par mois, pendant les marées de vive-eau).

La rotation du rotor est transmise à une bobine située près d'un aimant. Comme nous l'avons vu dans « Fabriquer sa propre bobine électrique », un courant électrique est généré dans la bobine, transmis par les câbles puis injecté dans le réseau EDF. C'est ainsi que chaque année, l'usine marémotrice de la Rance fournit en moyenne 516 GWh¹ par an, soit l'électricité utilisée par 206 000 personnes !

¹ Période 2006-2012



Top 10 spécial hydroliennes

Les hydroliennes sont des appareils qui produisent de l'électricité à partir des courants marins. Elles fonctionnent sur les mêmes principes que les éoliennes en utilisant l'énergie de l'eau plutôt que l'énergie du vent. Ces technologies sont très récentes. La première hydrolienne connectée au réseau EDF a été immergée dans l'océan en juin 2015.



Sabellia, tous droits réservés.



1 Les hydroliennes actuellement en test en France utilisent l'énergie des courants marins dus à la marée. Ils se forment lorsque la marée rencontre des obstacles. Dans ces endroits là, l'énergie potentielle de la marée se retrouve sous forme d'énergie cinétique (les courants).

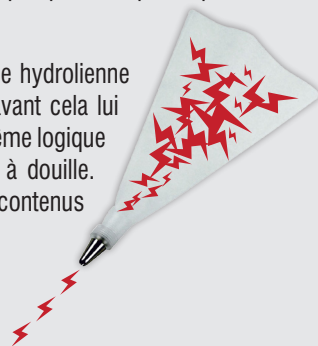
2 Les hydroliennes doivent être à la fois efficaces, solides et non nuisibles à l'environnement ou aux autres activités qui ont lieu près d'elles (pêche...) Des experts considèrent que nous auront

les idées plus claires sur la meilleure façon de les construire aux environs de 2025 grâce aux projets expérimentaux actuellement en cours.

3 Compte tenu des technologies actuelles, des experts estiment qu'il est inefficace d'installer des hydroliennes sur des sites où les courants sont inférieurs à 2 mètres par seconde lorsque le coefficient de la marée est supérieur ou égal à 95. Cela fait... 7,2 km/h !

4 Le grand intérêt de faire fonctionner des hydroliennes avec le courant des marées, c'est que la production électrique devient aussi prévisible que les marées. On sait très exactement quelle va être la production à chaque instant. C'est beaucoup plus facile à gérer que, par exemple, la production d'énergie avec une éolienne qui dépend énormément de la météo.

5 Le courant électrique qui « sort » de la bobine contenue dans une hydrolienne ne peut pas être injecté directement dans le réseau EDF. Il faut avant cela lui appliquer certains procédés pour le mettre « au bon format ». C'est la même logique que dessiner des motifs de chocolat sur un gâteau avec une poche à douille. Cela nécessite un transformateur électrique et une batterie, qui sont contenus directement dans les hydroliennes.



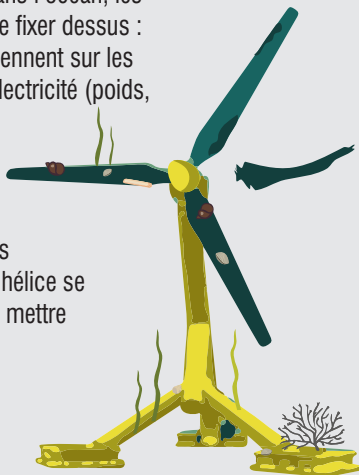
6 Rien qu'en France, il serait possible d'installer assez d'hydroliennes pour remplacer 2 à 3 des 58 réacteurs nucléaires qui sont en fonctionnement.

7 Plus une hydrolienne est technologiquement évoluée et plus elle est efficace. Revers de la médaille : cela sous entend aussi beaucoup plus de pannes. Les ingénieurs et chercheurs spécialistes des hydroliennes travaillent (entre autres) à trouver le meilleur équilibre possible entre sophistication et solidité.

8 Nous savons quand les hydroliennes produisent le moins d'électricité : au moment des étales (deux fois par jour) et des marées de morte-eau (deux fois par mois). Pour mieux faire correspondre cette production dite « intermittente » à nos besoins, il est nécessaire de réfléchir à comment utiliser les surplus lorsqu'ils se produisent pour des choses qui nous servent tout le temps. Exemples : charger la batterie de véhicules électriques, chauffer les piscines pour les cures thermales etc.

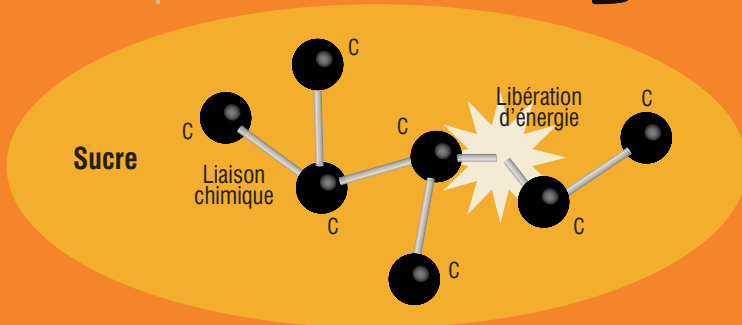
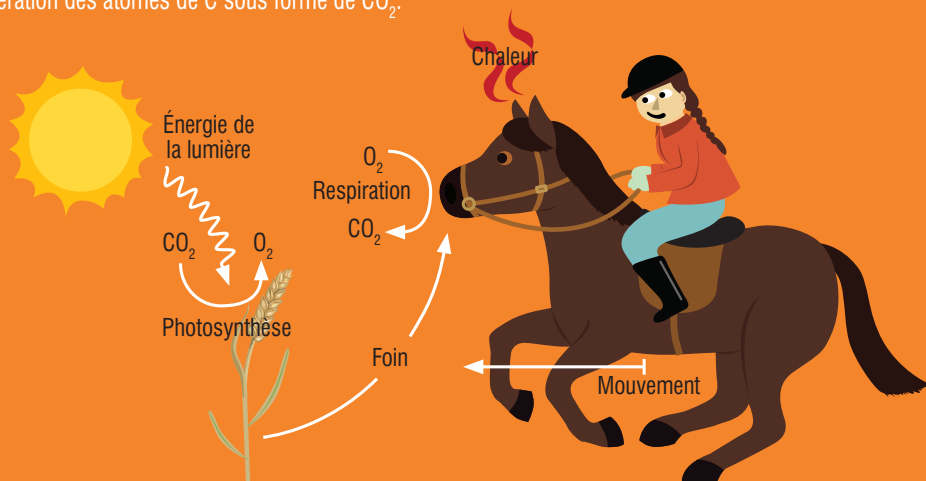
9 En France, nous avons trois projets expérimentaux qui testent des hydroliennes. Le premier est situé dans le passage du Fromveur, entre Ouessant et Molène. L'hydrolienne installée subvient à 15 % des besoins d'Ouessant, soit une diminution de la quantité de fioul consommé là-bas de 300 000 litres par an ! Deux autres projets sont en cours. Ils concernent l'île de Bréhat (au large de Paimpol) et une zone située au large du Cotentin. Des dizaines de scientifiques de toutes disciplines y travaillent, notamment pour évaluer l'impact de ces projets : affectent-ils la flore et la faune marine, la pêche, les courants ou la structure des côtes ? Affaire à suivre !

10 Lorsque les hydroliennes sont immergées dans l'océan, les créatures qui y vivent ont tendance à venir se fixer dessus : algues, coquillages, anémones de mer, etc. Si elles viennent sur les pales de l'hydrolienne, cela diminue la production d'électricité (poids, frottements, etc.) Les experts réfléchissent à des méthodes respectueuses de l'environnement pour résoudre le problème. L'un d'entre eux a imaginé un système de « peaux » empilées les unes sur les autres. Lorsque le fouling (la couche d'organismes fixés) devient trop lourd, la « peau » superficielle de l'hélice se détache (les fragments sont non toxiques). Reste à le mettre au point !



L'énergie dans tous ses états

Nous classons les **énergies** que nous utilisons dans la vie quotidienne en plusieurs catégories. Une **énergie** est **carbonée** lorsqu'il est question de produire de la chaleur ou du mouvement en émettant du CO_2 . Toutes les **énergies** carbonées trouvent leur source dans la vie. Les plantes¹ utilisent l'**énergie** de la lumière pour accrocher des C ensemble. C'est ce que l'on appelle... des sucres ! Ensuite les sucres sont consommés pour récupérer l'**énergie** qu'ils contiennent (à ce stade là, c'est de l'**énergie chimique**). Les colliers de C sont « détricotés » (par exemple par le cheval qui utilise l'énergie du foin qu'il a mangé pour courir) et il y a libération des atomes de C sous forme de CO_2 .



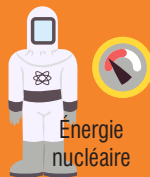
Décarboné signifie qu'il y a mobilisation d'une **énergie** sans émission de CO_2 .



Énergie
fossile

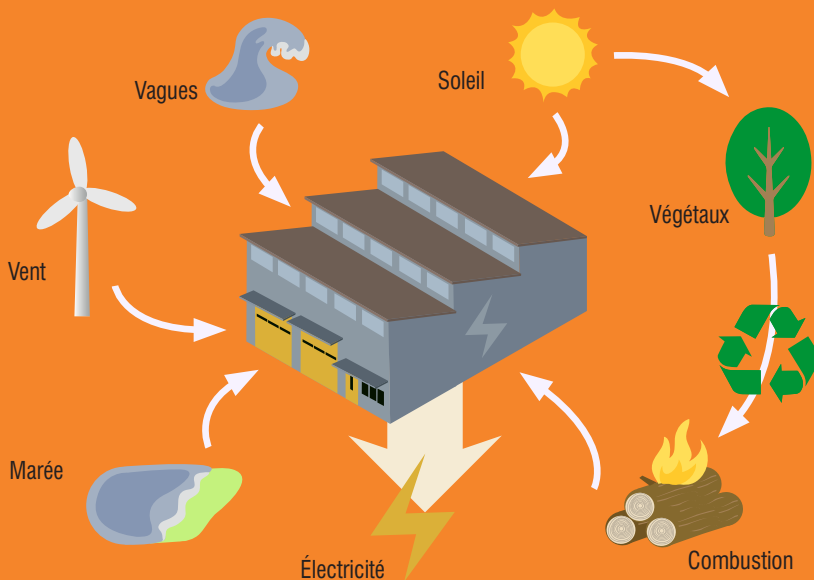
Une **énergie** est **fossile** quand elle suppose de brûler une matière fossilisée (exemple : le pétrole, il est constitué des « restes » d'organismes qui ont vécu il y a plusieurs millions d'années). Le mot est aussi parfois appliqué à l'**énergie** nucléaire qui utilise l'uranium (nous ne savons pas reconstituer les stocks).

L'énergie nucléaire consiste à produire de très grandes quantités de chaleur en « brisant » les atomes eux-mêmes². La suite des événements est la même que dans une centrale à charbon : la chaleur est utilisée pour produire de l'électricité.



Énergie
nucléaire

À l'inverse, une **énergie renouvelable** mobilise de l'**énergie** soit directement à partir de l'environnement (éolien, mouvement de l'air, solaire, lumière, marémoteur, mouvement ou hauteur de l'océan) soit à partir d'un stock de matière renouvelable comme le bois.



¹ Les organismes qui font de la photosynthèse s'appellent « producteurs primaires ». La plupart sont des plantes.

² Briser un atome (nucléaire) ou décomposer des molécules qui sont ou ont été des sucres sont deux procédés très différents. L'un se joue à l'intérieur de l'atome, l'autre dans le lien entre les atomes.



Produire l'énergie

Vous devez qualifier chacune des **énergies** en reliant les éléments de la colonne de gauche à ceux de droite.

Si vous n'y parvenez pas, quelques idées vous attendent dans les pages précédentes.

ÉNERGIE



Pétrole ○



Solaire ○



Nucléaire ○



Marémoteur ○



Bois ○



Charbon ○



Éolien ○



Traction animale ○

TYPE D'ÉNERGIE

○

Chimique

(liens entre atomes)



○

Cinétique

(mouvement)



○

Lumineuse

(rayonnement électromagnétique visible)



○

Potentielle

(hauteur d'un objet soumis à une influence gravitationnelle)



○

Atomique

(cohésion interne de l'atome)



○

Thermique

(chaleur)

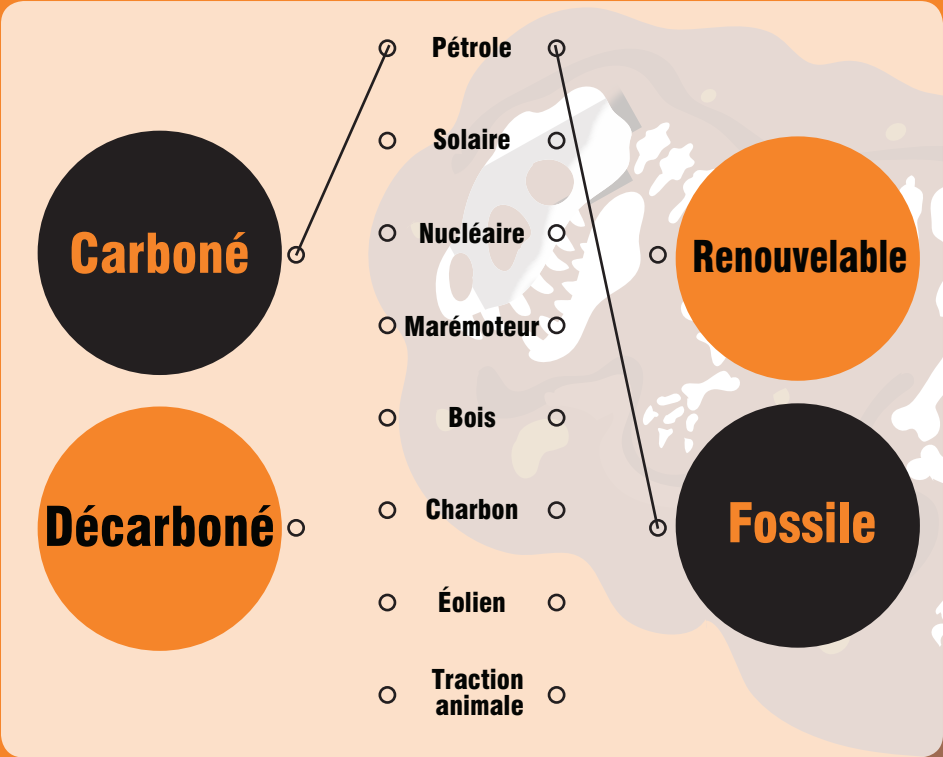


Solution : Pétrole (chimique), nucléaire (atomique), charbon (chimique), éolien (cinétique), solaire (lumineuse), marémoteur (potentielle ou cinétique), bois (chimique), traction animale (chimique).



Vous devez relier chaque énergie à ses caractéristiques. L'utilisation de cette énergie entraîne-t-elle l'émission de CO₂ (statut carbone) ? Les stocks liés à cette énergie se renouvellent-ils régulièrement ou sont-ils fossilisés ?

Si vous n'y parvenez pas, voyez « L'énergie dans tous ses états » dans les pages précédentes.



Solution : Pétrole (carbone, fossile), nucléaire (décarboné, fossile), charbon (carbone, fossile), éolien (décarboné, renouvelable), solaire (décarboné, renouvelable), marémoteur (décarboné, renouvelable), bois (carbone, renouvelable), traction animale (carbone, renouvelable).

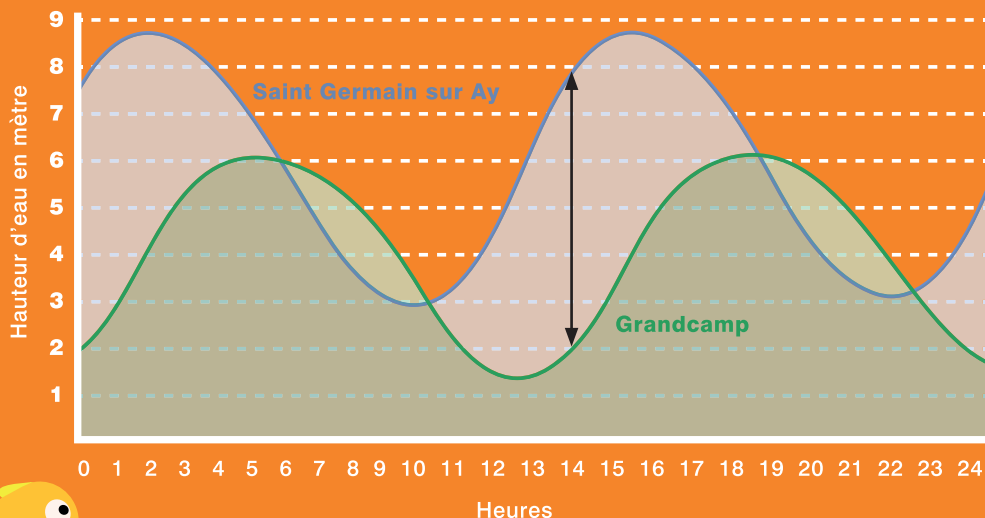
En route vers le futur

Certains scientifiques rêvent d'un système qui utilise l'énergie des marées. Il nous fournirait une énergie « propre » (pas de pollution), serait complètement prévisible, n'abîmerait pas l'environnement autour de lui, donnerait du travail, n'empêcherait pas les autres activités humaines (tourisme, plaisance, pêche, pisciculture...)



Un jour, qui sait, un tunnel sous le Cotentin ?

Cela semble fou, et pourtant... Les idées pour utiliser l'énergie des marées foisonnent. En voici une : percer un tunnel sous le Cotentin ! Il y a plusieurs heures de décalage entre les marées de Grandcamp et St Germain sur Ay (c'est parce que le Cotentin perturbe la progression de l'onde de marée). Pourtant, les deux côtes sont séparées d'environ 25 km à vol d'oiseau. Un tunnel, une différence de hauteur d'eau, des turbines et c'est parti !



(Si vous ne voyez pas pourquoi les marées sont décalées entre Saint Germain sur Ay et Grandcamp, retournez à « Relier les marées à la Lune » p.18. Si le graphique vous laisse perplexe, voyez « Un maré... quoi ? » p.20.)

Demain, nous y sommes déjà, des lagons à marées

Les lagons à marées sont l'une des idées pour utiliser l'énergie des marées proches d'aboutir (*tidal lagoon* en anglais). Ce sont des usines marémotrices installées dans des lagons artificiels. Les deux projets de lagons à marées les plus avancés se trouvent au Pays de Galles, à Cardiff et Swansea. Les travaux devraient débuter en 2017 et 2018. Ici, la côte est protégée de la mer par des digues de plusieurs kilomètres de long. En plus de produire de l'énergie (500GWh, soit la consommation de 120 à 155 000 foyers pour Swansea, 4 000 à 6 000 GWh soit 1,5 millions de foyers pour Cardiff), l'espace est utilisé pour les loisirs (promenade, bateau, jetski etc.)



Mes notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Comité scientifique

Marie-Pascale CORCUFF, Odile GUÉRIN, Gilles GUÉZO, Dominique LAMANDÉ, François LANG, Paul NAEGEL, Jean-Yves PRADILLON, Ewan SONNIC, Frédéric SOTINEL, Nicolas POUVREAU.

La bibliothèque des marées

L'astronomie et le système solaire

- C'est pas sorcier, « Le Soleil » (disponible sur la chaîne Youtube de l'émission).
- Il était une fois... les découvreurs, épisode 10, « Newton ».

Les marées

- Tout savoir sur les marées par Odile Guérin aux éditions Ouest France, 2007.
- Le site internet du Shom (voir notamment la section Les activités/Activités scientifiques/Marées et courants) : www.shom.fr/les-activites/activites-scientifiques/maree-et-courants/
- Le site internet de l'Ifremer (section l'Océan pour tous) : www.ifremer.fr/lpo/cours/maree/index.html
- C'est pas sorcier, « À l'heure des marées » (disponible sur la chaîne Youtube de l'émission).

L'usine marémotrice de la Rance

- Espace découverte de la Rance (exposition EDF située à l'usine marémotrice de la Rance, La Richardais près de Saint Malo).

Les moulins à marée

- «Les moulins à mer et les anciens meuniers du littoral» par Jean-Louis Boithias et Antoine de La Vernhe, aux éditions Créer, 1989.

Glossaire

Âge de la marée : Retard entre les effets de la Lune et du Soleil sur les océans et leurs conséquences sur les hauteurs d'eau.

Amplitude de marée (ou marnage) : c'est la différence entre une pleine mer et une basse mer successive.

Basse mer : Désigne la mer lorsque la marée arrive à son plus bas niveau. Se produit deux fois par jour environ.

Coefficient : Nombre qui donne l'importance que va avoir une marée. Compris entre 20 et 120.

Dernier quartier : Période du cycle lunaire qui suit la pleine lune et au cours de laquelle environ la moitié de la surface de la Lune est éclairée par le Soleil.

Énergie : Mot qui vient du grec *enérgeia* qui signifie « force en action ».

Énergie carbonée : Énergie qui libère du dioxyde de carbone (CO_2) quand elle est utilisée.

Énergie chimique : Énergie liée à l'organisation des atomes dans la matière. Quand une matière qui contient beaucoup d'énergie se transforme en une matière qui en contient moins, il y a libération d'énergie (chaleur, lumière etc.) et réorganisation des atomes.

Énergie cinétique : Énergie du mouvement.

Énergie décarbonée : Énergie qui ne libère pas de dioxyde de carbone (CO_2) quand elle est utilisée.

Énergie fossile : Énergie mobilisée à partir de matières dont les stocks ne peuvent pas être renouvelés.

Énergie lumineuse : Énergie de la lumière.

Énergie marémotrice : Énergie potentielle des marées.

Énergie potentielle : Énergie du poids.

Énergie renouvelable : Énergie puisée directement dans l'environnement ou mobilisée à partir de matières que nous savons produire.

Estran : Zone alternativement découverte et recouverte par la marée

Étale : Moment pendant lequel le niveau de l'eau est stable, entre la fin d'une marée et le début d'une autre. On parle d'étales de haute mer et d'étales de basse mer.

Flot : Période pendant laquelle la marée monte.

Flux : Période pendant laquelle la marée monte.

Force d'attraction : Force qui attire les objets les uns vers les autres. Elle n'est perceptible que lorsque l'objet est très massif (exemple : une planète).

Force gravitationnelle : Voir « Force d'attraction ».

Grandes marées : Se produisent deux fois par an, quand les marées de vive-eau se conjuguent avec les marées d'équinoxe à l'automne et au printemps.

Gravité : Force d'attraction produite par un objet.

Haute mer : Désigne la mer lorsque la marée arrive à son plus haut niveau. Se produit deux fois par jour environ en France métropolitaine.

Jusant : Période pendant laquelle la marée descend.

Lagon à marée : Lagon artificiel de grande taille qui utilise l'énergie de la marée pour produire de l'électricité.



Laisse de mer : Bande formée par les débris divers (algues, coquillages.. et parfois même déchets) laissés sur la plage par la marée.

Marée : Désigne le fait que le niveau de l'eau des mers et océans monte et descend à intervalle régulier.

Marée basse : Désigne le fait que le niveau de la mer est bas.

Marée descendante : Période pendant laquelle le niveau de la mer descend.

Marée du siècle : Marées de très grande amplitude qui se reproduisent environ tous les 18,5 ans.

Marée haute : Désigne le fait que le niveau de la mer est élevé.

Marée montante : Période pendant laquelle l'eau de mer monte.

Marées d'équinoxe : Marées qui se produisent lors des équinoxes (au printemps et en automne).

Marnage : Différence entre le plus bas niveau de l'eau et le plus haut niveau de l'eau entre une marée haute et une marée basse consécutives (l'ordre n'a pas d'importance).

Masse : Quantité de matière contenue dans un objet.

Mi-marée : Désigne le moment où une marée (montante ou descendante) est arrivée à la moitié du temps pendant lequel elle va monter ou descendre.

Mois lunaire : Temps d'un cycle lunaire entier (la Lune passe par toutes les phases, du début de la nouvelle lune à la fin du dernier croissant).

Morte-eau : Période pendant laquelle les effets de la Lune et du Soleil sur les océans s'opposent. Se produit deux fois par mois lunaire.

Nouvelle lune : Période du cycle lunaire pendant laquelle la Lune présente sa face obscure à la Terre. De ce fait, elle est invisible.

Onde de marée : Façon dont les marées se déplacent à la surface de la Terre.

Orbite : Chemin que suit un objet qui tourne autour d'un autre.

Plein (le) : Le niveau de l'eau est à son maximum pour une marée haute.

Pleine lune : Période du cycle lunaire pendant laquelle la Lune est éclairée sur toute la surface qu'elle présente à la Terre.

Pleine mer : Le niveau de l'eau est à son maximum pour une marée haute.

Poids : Force qui s'applique à un objet soumis à une influence gravitationnelle. Elle est dépendante de la masse des deux objets en interaction (exemple : une bouteille d'eau et la Terre) et de la distance qui les sépare.

Premier quartier : Période du cycle lunaire qui suit la nouvelle lune et au cours de laquelle environ la moitié de la surface de la Lune est éclairée par le Soleil.

Quadrature : Périodes du cycle lunaire pendant laquelle la Lune, le Soleil et la Terre forment un angle droit (premier et dernier quartiers).

Reflux : Période pendant laquelle la marée descend.

Syzygies : Périodes du cycle lunaire pendant laquelle la Lune, le Soleil et la Terre sont alignés (nouvelle lune et pleine lune).

Usine marémotrice : usine qui utilise l'énergie des marées pour créer de l'électricité.

Vive-eau : Période pendant laquelle les effets de la Lune et du Soleil sur les océans se conjuguent. Se produit deux fois par mois lunaire.



ENSAB

44 Boulevard de Chézy,
CS 16427
35064 RENNES Cedex

Tél. : 02.99.29.68.00
www.rennes.archi.fr

L'École nationale supérieure d'architecture de Bretagne est la plus ancienne école d'architecture de province, après celle de Rouen. Créée en 1905, elle s'appelait alors « École régionale d'architecture de Rennes ». L'ENSAB est devenue un établissement public administratif d'enseignement supérieur depuis le décret du 8 mars 1978. Elle accueille :

- **642 étudiants**, y compris les étudiants étrangers en échange,
- **35 enseignants** titulaires et associés,
- Plus de 50 enseignants non-titulaires et intervenants,
- **39 agents administratifs**, techniques, ouvriers et de service.

L'ENSAB mène des activités de recherche au sein du GRIEF (Groupe de recherche sur l'invention et l'évolution des formes). Il s'intéresse de très près à l'énergie marémotrice. En effet, comme nous le voyons dans le livret, l'utilisation de cette énergie a beaucoup à voir avec la géométrie et les courants. Quelles sont les meilleures formes à donner aux installations qui exploitent l'énergie marémotrice ? Quelles sont les conséquences sur les courants de tels projets ? Quels sont les impacts sur la géographie des côtes ? Voilà autant de questions que les scientifiques étudient de près et pour lesquelles l'apport des disciplines liées à l'architecture est très important.

Ce livret a été conçu en collaboration entre les petits débrouillards Grand Ouest et l'ENSAB (École Nationale Supérieure d'Architecture de Bretagne). Cette initiative est soutenue par le Ministère de la Culture et de la Communication et par la Fondation de France respectivement dans le cadre des programmes de recherche « Ignis Mutat Res. Penser l'architecture, la ville et le paysage au prisme de l'énergie » et « Quels littoraux pour demain ? ».

Les petits débrouillards forment le premier réseau national d'éducation populaire à la science et par la science. Il consiste en une vingtaine de pôles régionaux et trans-régionaux tels que l'Association des petits débrouillards Grand Ouest (APDGO). Depuis 1986, nous proposons des activités scientifiques et techniques en France ainsi que dans 14 autres pays.

Nos ressources en ligne :

Posez vos questions sur le littoral à nos experts scientifiques :

www.coteacote.org

Un inventaire ludique, participatif et multimédia de la biodiversité :

www.lestaxinomes.org

Une mine d'expériences amusantes utilisant des objets usuels :

www.wikidebrouillard.org

Contact:

Association Les Petits Débrouillards

82 Avenue Denfert Rochereau, 75014 PARIS

☎ : 01 40 05 75 57

💻 : www.lespetitsdebrouillards.org

📘 : les petits débrouillards officiel

Association Les Petits Débrouillards Grand Ouest

13 bis, Boulevard du Portugal, 35200 Rennes

☎ : 02 99 50 05 14

✉ : grandouest@lespetitsdebrouillards.org



Partenaires



Conception pédagogique

Geneviève CANIVENC (APDGO/Ma Rédactrice) avec le soutien d'Hélène BRÉARD (APDGO), Marie-Pascale CORCUFF (GRIEF) et Ewan SONNIC (GRIEF).

Rédaction

Geneviève CANIVENC , APDGO/Ma Rédactrice.

Direction artistique et illustration

Anthony BOSSARD (APDGO).

Coordinatrice de projet

Hélène BRÉARD (APDGO).

Comité scientifique

Marie-Pascale CORCUFF , Odile GUÉRIN , Gilles GUÉZO , Dominique LAMANDÉ , François LANG , Paul NAEGL , Jean-Yves PRADILLON , Ewan SONNIC , Frédéric SOTINEL .

Remerciements

Nous adressons nos plus vifs remerciements aux personnes
qui nous ont fait bénéficier de leur expertise :

Jean François DAVIAU , PDG de Sabella SAS (conception et fabrication d'hydroliennes),
Odile GUÉRIN , géologue et géomorphologue (École pratique des hautes études),
Nicolas POUVREAU , expert en marégraphie (Service hydrographique
et océanographique de la Marine).

Directeur de publication

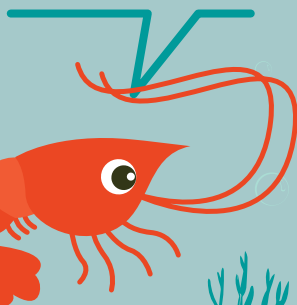
Carl JORGENSEN (APDGO)

L'appellation « les petits débrouillards » est une marque déposée.
Imprimé en France par l'imprimerie Cloître.



Les petits débrouillards - décembre 2016

On doit
partir ?



C'est bon y a
pas marée.

