ALLONGEMENT D'UN RESSORT

Quand on exerce une force au bout d'un ressort suspendu, le ressort s'allonge. Dans le tableau suivant, on trouve différentes longueurs du ressort en fonction de la masse accrochée (donc de la force exercée).

Force (N)	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
Longueur (cm)	70	71,5	73	74,5	76	77,5	79

1. Quelle longueur du ressort peut-on prévoir pour une force de 4(N) ?
2. Quelle formule mathématique serait-elle plausible pour exprimer la longueur du ressort en fonction de la force exercée pour l'étirer ?

DOSAGE DUN MÉDICAMENT

Les produits pharmaceutiques doivent préciser les dosages recommandés aux adultes et aux enfants.
Deux formules permettant de modifier le dosage pour adultes en un dosage pour enfants sont :

- la règle de Cowling : $y = \frac{1}{24} \cdot (t+1) \cdot a$;
- la règle de Friend : $y = \frac{2}{25} \cdot t \cdot a$.

Dans ces formules, la dose de l'adulte est représentée par a (en milligrammes) et l'âge de l'enfant par t (en années).

1. Si $a = 100$, représenter graphiquement les deux équations dans un même système d'axes (pour $0 \le t \le 12$) .
2. Pour quel âge les deux formules donneront-elles le même dosage ?

JET D'UN BALLON

À l'aide d'une caméra numérique, un père filme son fils en train de lancer un ballon. En regardant cet enregistrement avec arrêts sur images, il note la hauteur du ballon par rapport au sol, chaque dixième de seconde à partir du moment du lancer.

Il obtient ainsi le tableau suivant.

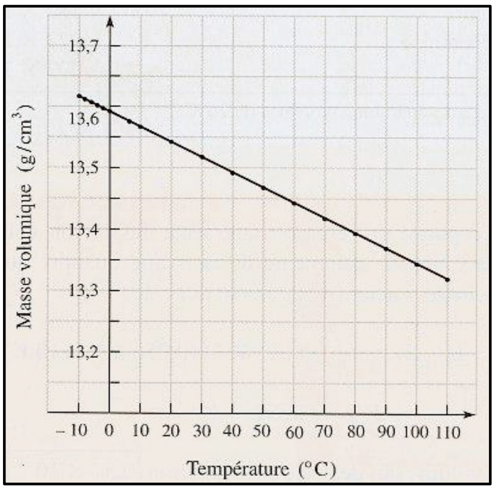
Temps (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Hauteur (cm)	84	121	149	167	175	174	163	143	114	75

1. Construire le graphique à partir des données du tableau.
2. Déterminer l'équation de la fonction qui correspond le mieux aux données.
3. Comparer l'équation obtenue aux données fournies, en quatre points au moins.
4. Tirer une conclusion de cette comparaison pour l'équation obtenue.

MASSE VOLUMIQUE

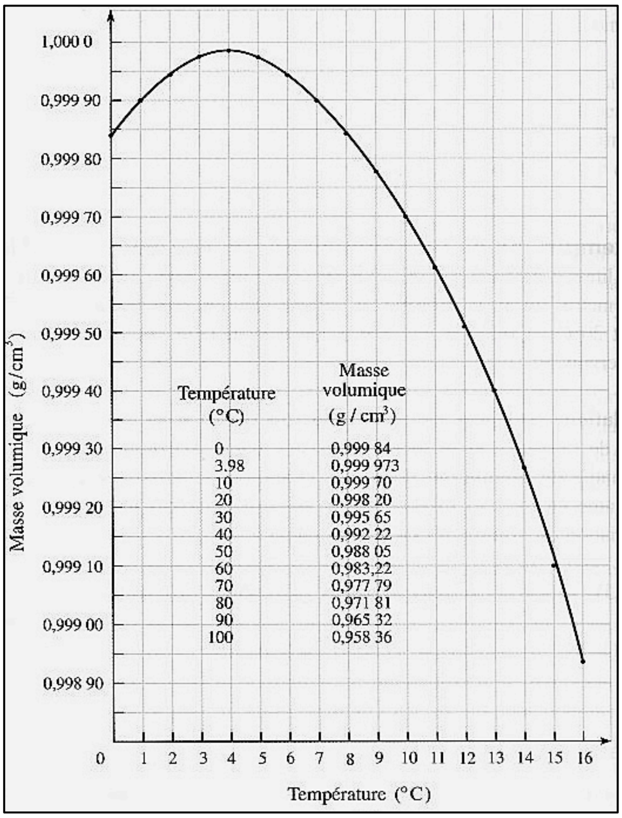
Le premier graphique ci-dessous représente la masse volumique du mercure en fonction de la température.

1. Déterminer une expression analytique de cette fonction.
2. D'un point de vue physique, pourquoi cette fonction est-elle décroissante ?



Le graphique suivant représente la masse volumique de l'eau en fonction de la température. Comme la majorité des liquides, l'au se dilate légèrement en se réchauffant, devenant ainsi un peu moins dense. Cependant, et c'est un comportement unique, la densité de l'eau présente une phase de croissance entre 0(°C) et 3,98(°C).

3. Déterminer une expression analytique de cette fonction.



Température (°C)	Masse volumique (g / cm³)
0	0,999 84
3.98	0,999 973
10	0,999 70
20	0,998 20
30	0,995 65
40	0,992 22
50	0,988 05
60	0,983,22
70	0,977 79
80	0,971 81
90	0,965 32
100	0,958 36

MEXICO 1968

En physiologie sportive, on utilise la notion de $VO_2\ max$. Il s'agit du « volume maximal d'oxygène qu'un organisme aérobie en général ou le sujet humain en particulier peut consommer par unité de temps lors d'un exercice dynamique aérobie maximal » (Wikipédia). Pour de plus amples explications, voyez vos professeurs d'éducation physique !

Selon un certain modèle, cette $VO_2\,max$ dépend de l'altitude de la manière suivante :

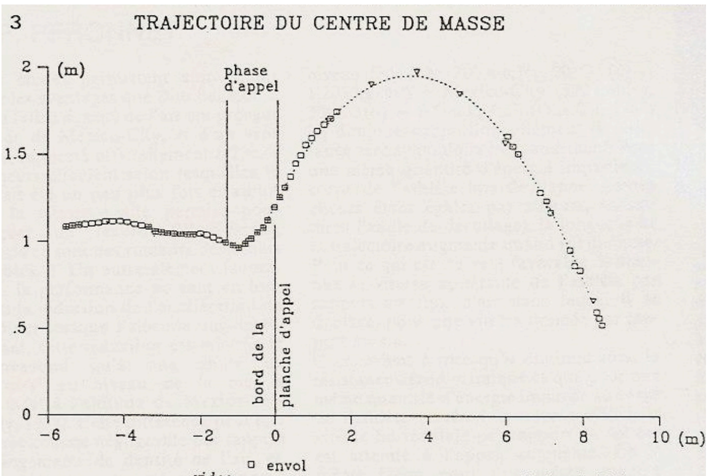
- pour des altitudes inférieures à 1800 mètres, elle est optimale (100 %) ;
- à partir de 1800 mètres, elle décroît selon une fonction du premier degré et atteint 40 % de la valeur optimale à 5000 mètres.

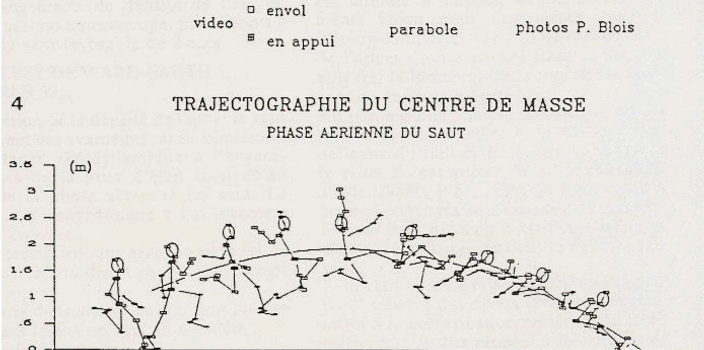
Désignons par V le pourcentage de la $VO_2\,max$ optimale.

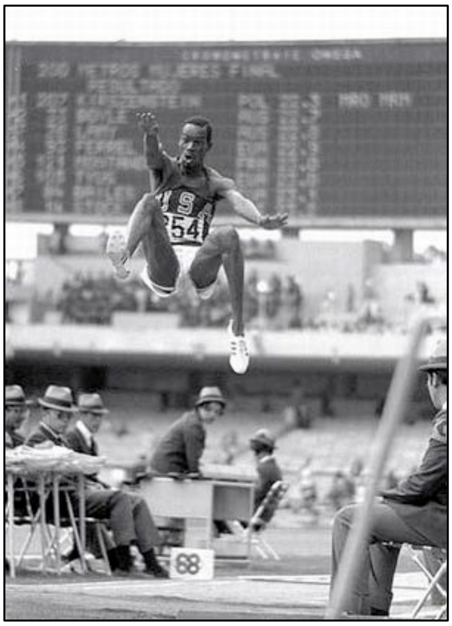
1. Exprimer V en fonction de l'altitude h (en mètres). Tracer le graphique de la fonction ainsi obtenue.
2. Calculer V à Mexico (altitude 2400 mètres), site des Jeux Olympiques d'été de 1968.

Le stade olympique de Mexico fut le théâtre de l'exploit de l'Américain Bob BEAMON, au saut en longueur. Le graphique ci-dessous, réalisé à partir de photos prises en rafale, montre la trajectoire supposée du centre de gravité de l'athlète.

3. Déterminer une équation de cette parabole.
4. Critiquer l'équation obtenue, notamment en vérifiant si elle permet de retrouver le record de Beamon (8 mètres 90).







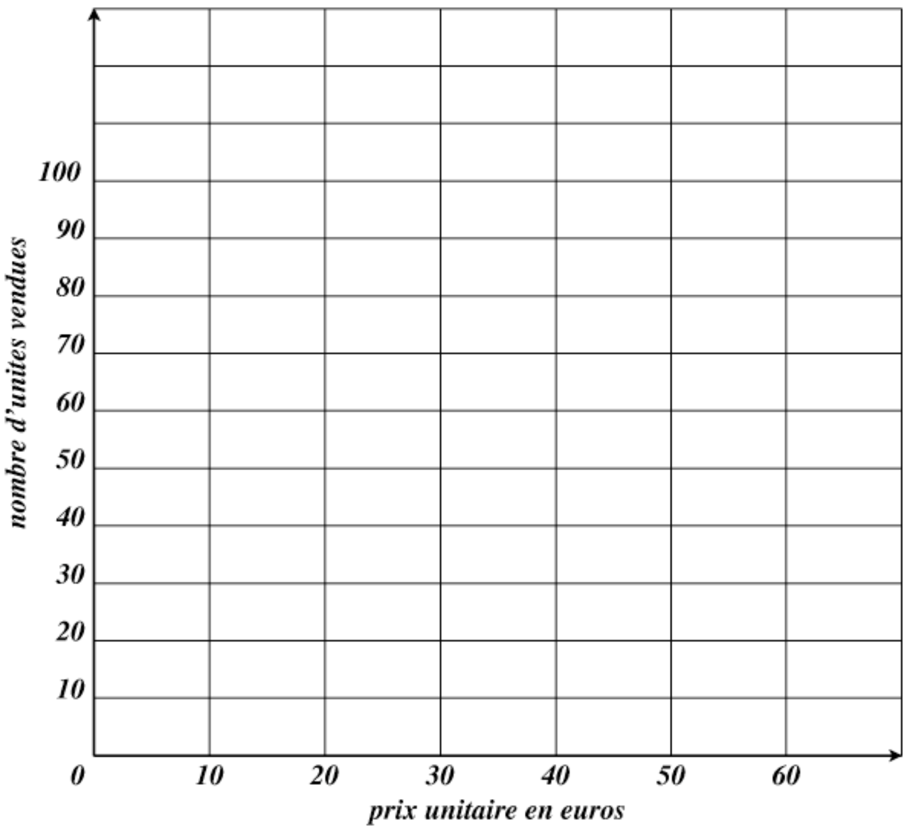
Le saut en longueur légendaire de Bob BEAMON, le 18 octobre 1968, aux Jeux Olympiques de Mexico : 8 mètres 90.
Ce record ne fut battu qu'en 1991 par Mike POWELL.

OPTIMISATION D'UN PRIX DE VENTE

Dans les magasins de la chaîne *Ronpoin*, une étude statistique a été réalisée sur un certain article. Le tableau ci-dessous donne le nombre d'unités vendues en une semaine, en fonction du prix auquel l'article est affiché.

Prix unitaire en euros	10	20	30	40	50	60
Nombre d'unités vendues	100	85	55	40	10	5

1. Reporter les données du tableau dans le graphique ci-dessous.



2. Déterminer une fonction qui donne raisonnablement le nombre d'unités vendues y en fonction du prix unitaire x.

3. Le chiffre d'affaires s'obtient en multipliant le nombre d'unités vendues par le prix unitaire. Utiliser la fonction déterminée en (2) pour compléter le tableau ci-dessous.

Prix unitaire en euros	20	25	30	35	40	45
Nbre théorique d'unités vendues y						
Chiffre d'affaires théorique C						

4. Déterminer la fonction qui donne le chiffre d'affaires C en fonction du prix unitaire x.

5. A combien faut-il fixer le prix unitaire pour réaliser un chiffre d'affaire maximal ?

STATION SERVICE

La cuve d'essence d'une station service a une capacité de 20000 litres. La demande de la clientèle ne varie pas beaucoup de sorte que l'on peut admettre que la demande journalière est constante. Le pompiste l'estime à 2000 litres par jour. Par mesure de prudence, le gestionnaire s'arrange pour que, chaque fois, le réapprovisionnement se fasse lorsqu'il reste une réserve de 2000 litres.

Aujourd'hui, la cuve vient d'être remplie. Elle contient donc 20000 litres.

1. Quelle quantité d'essence la cuve contiendra-t-elle après 4 jours ? Après 12 jours ?

2. Représenter l'évolution du stock d'essence au cours du temps.

3. Chaque fois que le gestionnaire lance une commande pour se réapprovisionner, combien commande-t-il s'il veut que la cuve soit pleine ?

4. Déterminer une expression analytique de la fonction « quantité d'essence restant dans la cuve ».

5. Citer une propriété remarquable de cette fonction.

RÉDUCTION POUR GRANDES QUANTITÉS

Du câble pour installations électriques coûte 1,50 € du mètre. Toutefois, si le client achète 100 mètres ou plus, le commerçant lui accorde une réduction de 20 % .

1. Calculez le montant de la facture pour un achat de 80 (m) , de 100 (m) , de 120 (m) .

2. Représentez graphiquement le montant de la facture en fonction de la quantité de câble achetée.

3. Quelles quantités de câble serait-il absurde d'acheter, à moins d'être un écologiste convaincu ?

4. Donner une expression analytique de la fonction « montant de la facture en fonction de la quantité de achetée ».

UNE FONCTION DÉFINIE « PAR MORCEAUX »

Tracer le graphique de la fonction f définie par :

$$f(x) = \begin{cases} x+2 & si \quad x \le 1 \\ 3 & si \quad 1 < x \le 2 \\ 7-x & si \quad x > 2 \end{cases}$$

PRIX DE REVIENT

La firme « LittleTower » fabrique des ordinateurs et achète un certain composant électronique chez un fournisseur A ou un fournisseur B . Chaque fois que « LittleTower » passe une commande, chacun des fournisseurs lui réclame des frais (lancement de la commande, mise en route des machines, transport) qui s'ajoutent au prix des composants.

Voici les prix pratiqués par chaque fournisseur :

	Coût unitaire du composant	Frais fixes
Fournisseur A	7,50 €	4500 €
Fournisseur B	6,00 €	5100 €

1. Si « LittleTower » commande 300 composants chez le fournisseur A , quel est le prix de revient d'un composant ? Et si elle en commande 600 ?

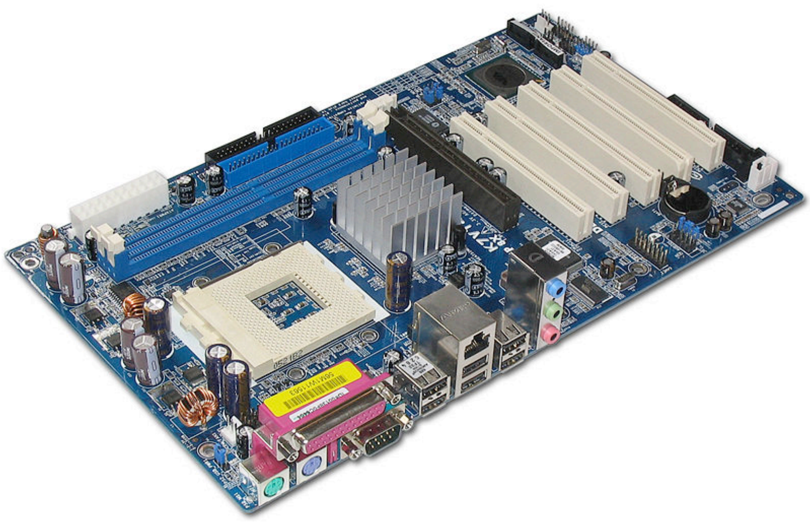
2. Mêmes questions si la commande est passée chez le fournisseur B .

3. Soit x le nombre de composants commandés. Déterminer la formule du prix de revient d'un composant si l'on commande chez A .

4. Même question si l'on commande chez B .

5. Utiliser la calculatrice pour réaliser les graphiques des fonctions « prix de revient » dont les expressions analytiques ont été obtenues en (c) . Pour quelle valeur de x les priX de revient sont-ils égaux ?

6. Pour quelles valeurs de x le fournisseur A est-il le plus avantageux ? Et quand le fournisseur B est-il le plus avantageux ?



Une « carte-mère »

COÛT DE PRODUCTION
RECHERCHE DU BÉNÉFICE MAXIMUM

Produire, cela coûte …

Une boulangerie fabrique des tartes aux fruits. Comment le coût de production évolue-t-il, en fonction du nombre q de tartes produites ?
Avant même de produire la première unité, l'entreprise doit amortir les capitaux investis et entretenir les machines. Il y a donc un coût initial non nul : $C(0) \neq 0$. Lorsque la quantité q d'unités produites augmente, le coût $C(q)$ augmente aussi. Au début, il augmente rapidement, puis de moins en moins vite à mesure que q se rapproche de la capacité de production pour laquelle la boulangerie a été prévue, la capacité « normale » de production. À ce stade, le coût occasionné par la production d'une tarte supplémentaire devient de moins en moins grand. Lorsque q dépasse la capacité normale de production de l'entreprise, le coût se remet à grandir, de plus en plus vite, car il faut recourir à des moyens exceptionnels en personnel et en matériel (heures supplémentaires, nouvelles commandes de matières premières, augmentation de la consommation électrique, etc.)

1. En se basant sur la description précédente, dessiner une courbe qui traduit grosso modo l'évolution du coût C en fonction de la quantité produite q .

… et cela peut rapporter

Le patron de la boulangerie veut savoir combien de tartes il doit produire pour maximiser son bénéfice. Le bénéfice $B(q)$ retiré de la vente de q tartes est simplement la différence entre la recette $R(q)$ obtenue en les vendant et le coût de production $C(q)$ des q tartes.

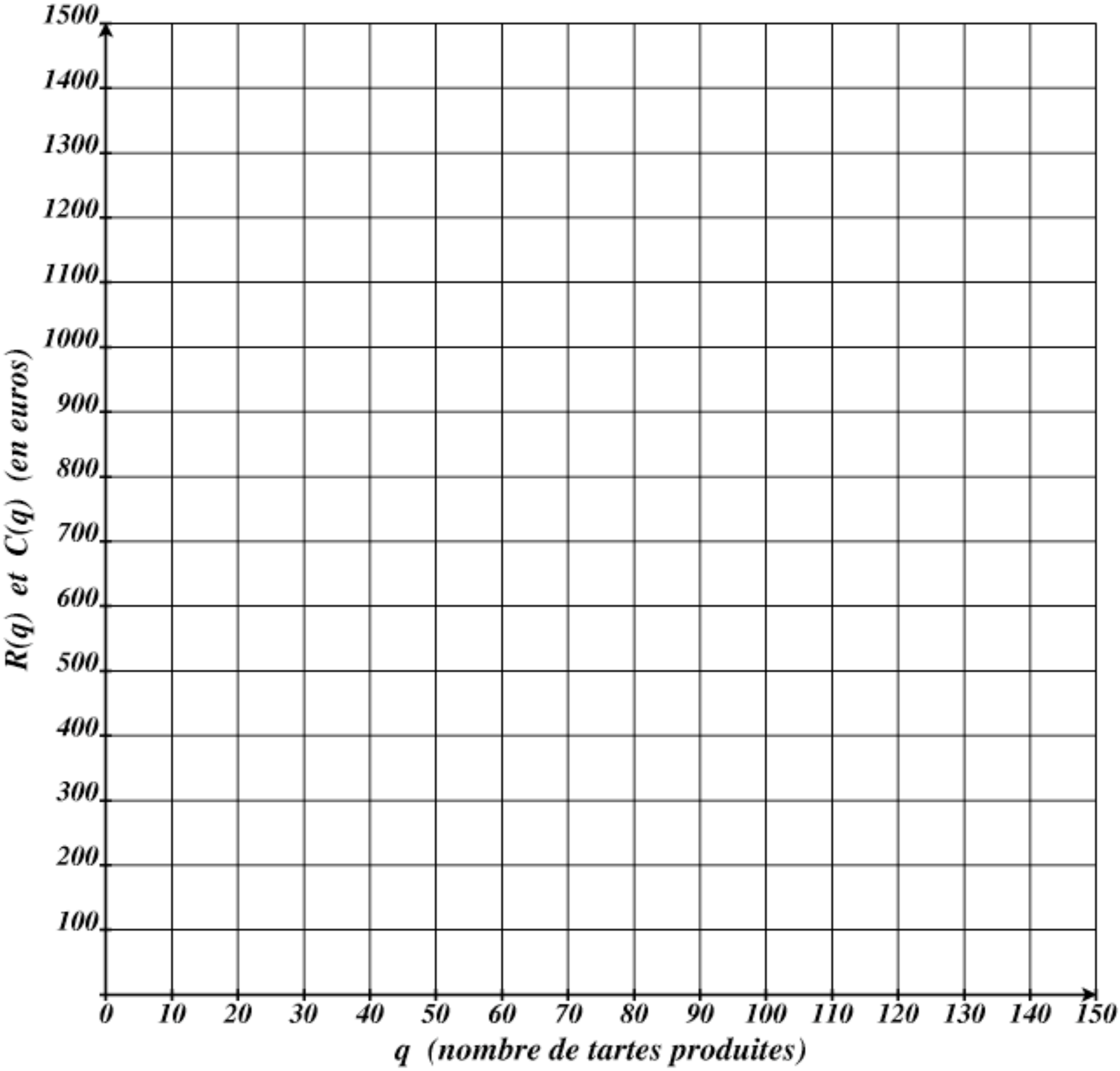
$$B(q) = R(q) - C(q)$$

2. Si le prix de vente d'une tarte est fixé à 10 € , donner l'expression analytique de la fonction « recette » $R(q)$. Tracer son graphique sur le diagramme de la page suivante.

Il reste à évaluer les coûts de production. Une étude statistique a permis de dresser le tableau suivant.

q	$C(q)$		q	$C(q)$
0	150		70	485
10	280		80	535
20	371		90	614
30	409		100	756
40	440		110	930
50	452		120	1211
60	462		130	1540

3. Sur le même diagramme que pour les recettes, reporter les points correspondant à la fonction $C(q)$.



4. En pensant à une fonction de référence, déterminer une expression analytique de $C(q)$. Comparer à l'expression analytique donnée par un logiciel réalisant des interpolations (GRAPHMATICA par exemple, ou un logiciel de calculette graphique).

5. Donner une expression analytique de la fonction « bénéfice » $B(q)$.

6. Si la boulangerie produit $q = 10$, 25 , 45 , 70 , 130 tartes, y a-t-il perte ou profit ? Pour quelles valeurs de q (approximativement) y a-t-il perte ? Pour quelles valeurs y a-t-il profit ? Quand la perte est-elle nulle ?

7. Pour quelle valeur de q (approximativement), la perte est-elle maximale ? Et pour quelle valeur de q le profit est-il maximal ?

8. Utiliser un logiciel pour préciser les valeurs de q pour lesquelles on a une perte maximale ou un profit maximal.

DOMAINE DE DÉFINITION ET GRAPHIQUE

Pour chacune des fonctions suivantes, déterminer le domaine de définition.
Retrouver ensuite son graphique parmi les 14 graphiques proposés. Pour cela, il faut parfois faire appel à d'autres notions (racines, ordonnée à l'origine, parité, etc)

a) $f(x) = \sqrt{2x-3}$

b) $f(x) = \dfrac{x-3}{x-2}$

c) $f(x) = \sqrt{x^2-x+1}$

d) $f(x) = \sqrt[3]{(x-3)^2}$

e) $f(x) = \sqrt{3-2x}$

f) $f(x) = \sqrt{-x^2-5x-6}$

g) $f(x) = \dfrac{2x+3}{x^2-5x+4}$

h) $f(x) = \sqrt{\dfrac{x-3}{1-x}}$

i) $f(x) = \sqrt{x^2-1}$

j) $f(x) = 2x^2-3x+1$

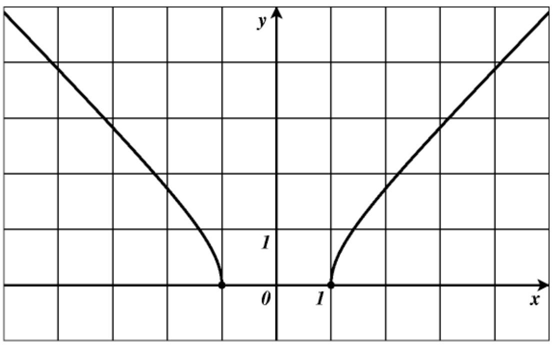
k) $f(x) = \dfrac{\sqrt{x-1}}{x}$

l) $f(x) = \dfrac{x}{\sqrt{x-1}}$

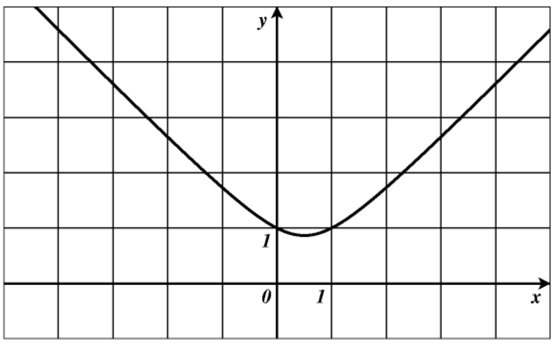
m) $f(x) = \sqrt{1-x^2}$

n) $f(x) = \sqrt{x^2+6x+9}$

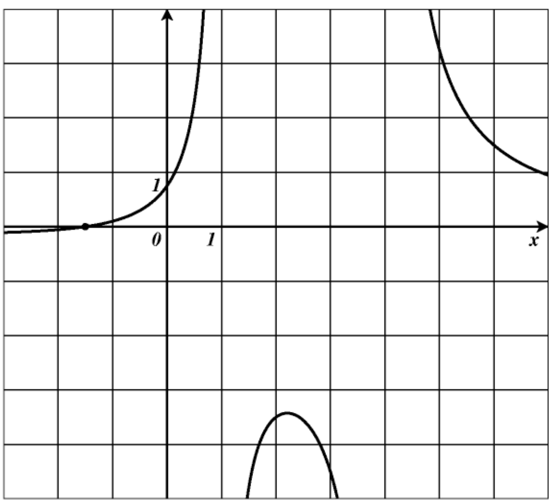
❶



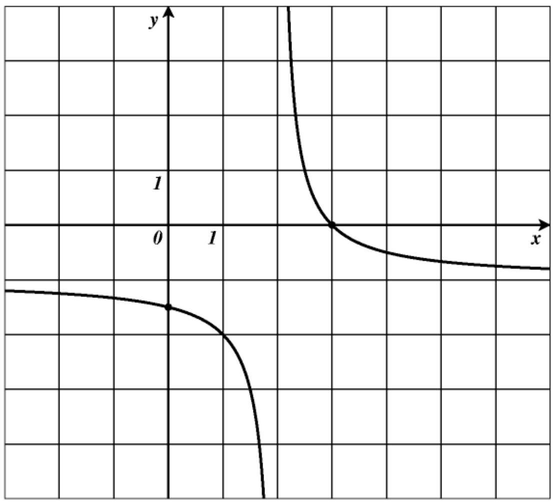
❷



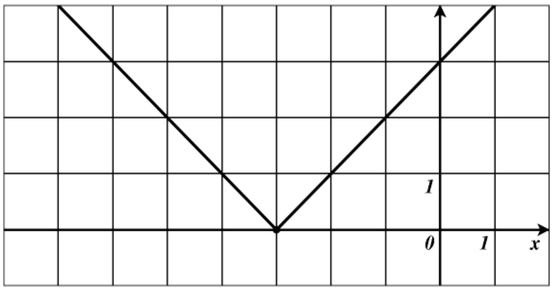
❸



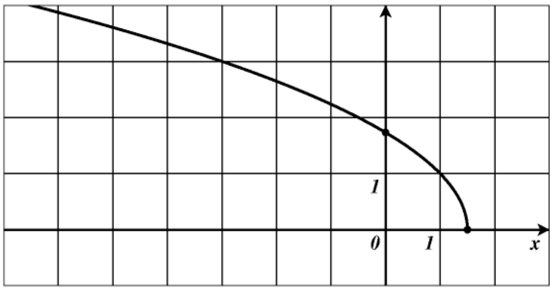
❹



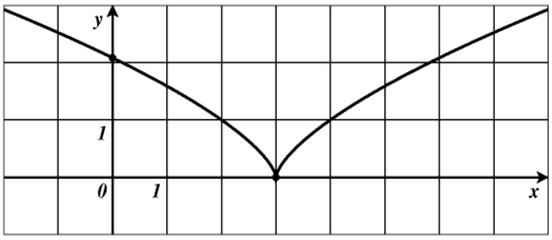
❺



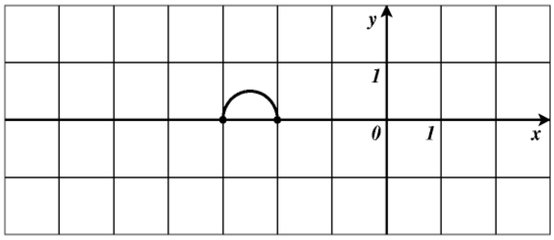
❻



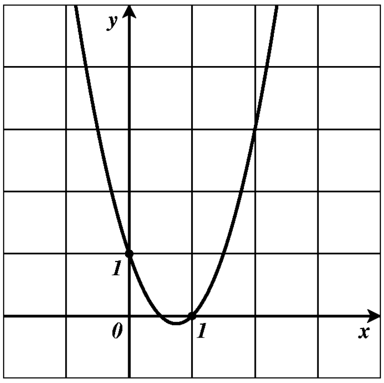
❼



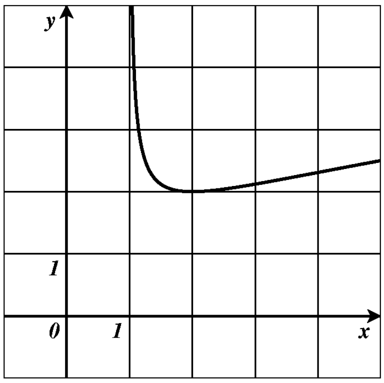
❽



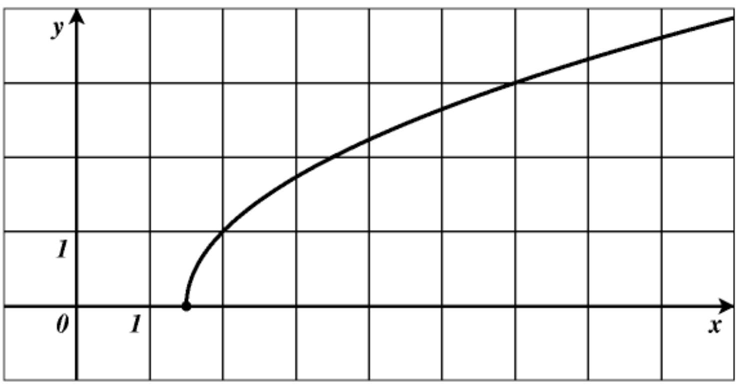
❾



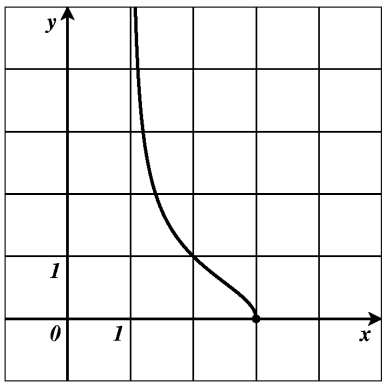
❿



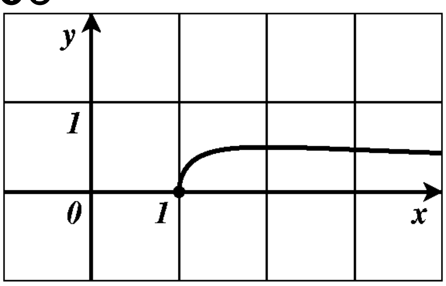
❶❶



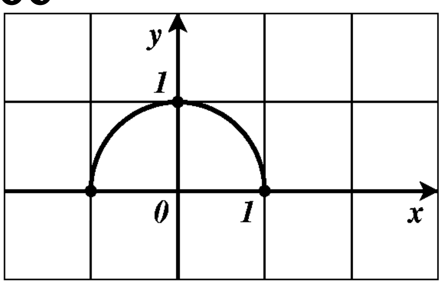
❶❷



❶❸

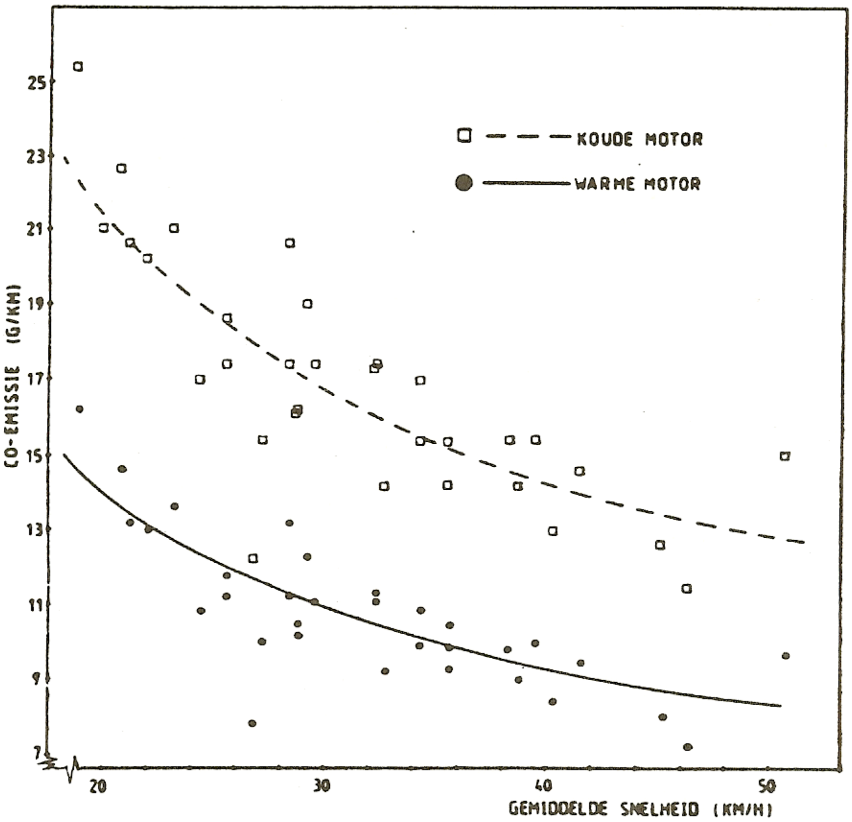


❶❹



ÉMISSION DE MONOXYDE DE CARBONE

Le monoxyde de carbone (CO) est un des gaz émis lors du fonctionnement d'un moteur de voiture. La quantité de CO émise dépend de la température du moteur et de la vitesse de la voiture. En 1985, la revue Néerlandaise « Verkeerskunde » expliquait ce phénomène et l'illustrait par le graphique ci-dessous.



L'observation des résultats expérimentaux permet de supposer que la quantité de CO émise est une fonction homographique de la vitesse, tant lorsque le moteur est froid que lorsqu'il est chaud.
Des techniques statistiques permettent de trouver une fonction qui s'ajuste de façon satisfaisante au « nuage » de points expérimentaux et donc d'obtenir une formule.

Supposons que la quantité e_c de CO émise par un moteur chaud soit donnée par la formule :

$$e_C = 4,4 + \frac{196}{v} \quad (1)$$

où e_c est exprimée en grammes par kilomètre et v en kilomètres par heure.

1. Comment peut-on « voir », en analysant cette formule, que l'émission de CO diminue à mesure que la vitesse augmente ?

2. Supposons que cette formule puisse être utilisée lorsque la voiture roule à la vitesse de 60(km/h) . Calculer la quantité de CO émise par kilomètre.

Supposons maintenant que la quantité e_f de CO émise par un moteur froid soit donnée par la formule :

$$e_f = 6{,}9 + \frac{298{,}5}{v} \qquad (2)$$

où e_f est exprimée en grammes par kilomètre et v en kilomètres par heure.

3. Supposons que la quantité de CO émise par un moteur froid soit de $14(\text{g/km})$. Calculer la vitesse de la voiture.

Un chercheur s'intéresse à la différence d'émission de CO entre un moteur froid et un moteur chaud. Plus précisément au pourcentage d'augmentation par rapport à l'émission du moteur chaud.

4. Calculer ce pourcentage pour une vitesse de $30(\text{km/h})$.

Il existe également des formules donnant la quantité de CO émise en fonction de la longueur et de la durée du trajet accompli par la voiture.

Voici celle que l'on peut utiliser pour un moteur chaud :

$$e_{tot} = 4{,}4 \cdot L + 0{,}054 \cdot T \qquad (3)$$

où e_{tot} est la quantité totale (en grammes) émise pendant le trajet, L est la longueur du trajet (en kilomètres) et T est la durée du trajet (en secondes).

5. Calculer la quantité totale de CO émise par un moteur chaud pour un trajet de $5(\text{km})$ réalisé en 8 minutes.

6. Répondre à la question (e) en utilisant cette fois la formule (1).

7. Etablir une formule donnant la quantité totale de CO (en grammes) émise par un <u>moteur froid</u> en fonction de la longueur L (en kilomètres) et de la durée T (en secondes) du trajet accompli par la voiture.

LA LOI DE BOYLE - MARIOTTE

Elle peut se formuler comme suit : « À température constante, le produit de la pression d'une masse donnée de gaz par le volume qu'elle occupe est constante » ou encore « $P \cdot V = k$ » où k est une constante.

On sait qu'une mole de gaz parfait occupe, dans des conditions normales de température et de pression (c'est-à-dire $0(°\text{C})$ et $1000(\text{hPa})$), un volume de $22{,}4$ litres.

Tracer le graphique du volume occupé par cette mole de gaz en fonction de la pression qu'elle supporte (exprimer la pression en milliers d'hectopascals).

LE BATEAU PEUT-IL RENTRER AU PORT ?

Pour la navigation maritime, il est nécessaire de connaître avec précision la profondeur des chenaux d'accès aux ports. Sous l'effet de la marée, cette profondeur varie périodiquement avec le temps. C'est ainsi que de grands navires ne peuvent entrer dans certains ports qu'à marée haute.

À Anvers, la profondeur du chenal est approximativement donnée par la formule

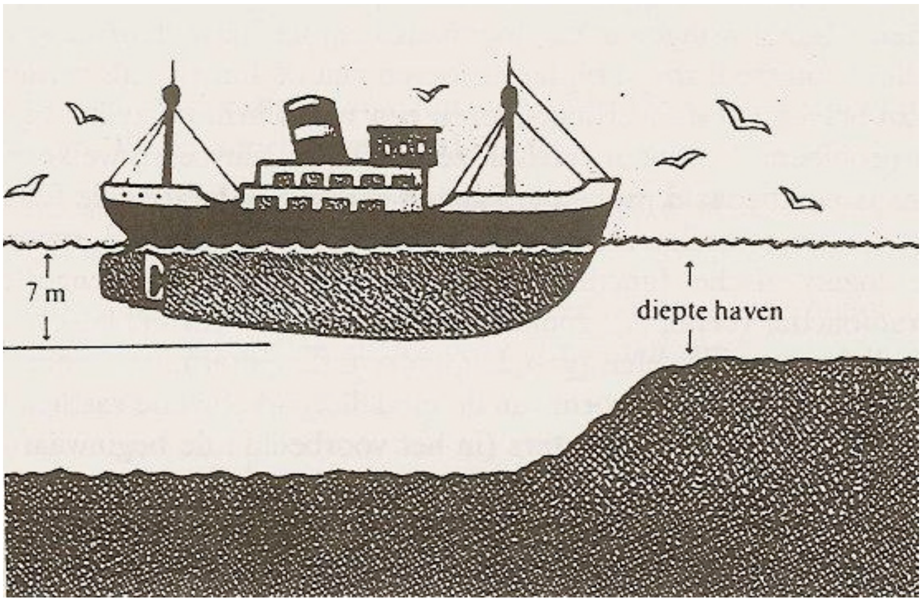
$$p(t) = 8 + 2{,}5 \cdot \sin\left(\frac{1}{2}t\right)$$

où $p(t)$ est exprimée en mètres et t en heures.

1. Supposons que $t = 0$ corresponde à minuit. Quelle est la profondeur du chenal à 4 heures ? Et à 6 heures ? Et à 16 heures ?

2. Tracer le graphique de la profondeur du chenal en fonction du temps (sur une période).

3. À quelle heure la profondeur est-elle de 9 mètres ? Et à quelle heure est-elle de 6 mètres ?

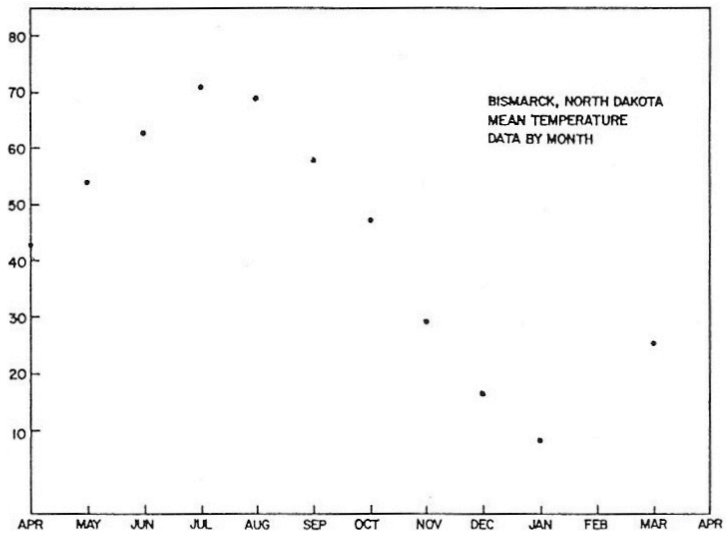


4. Un bateau a un tirant d'eau de 7 mètres (voir figure). En se basant sur la formule donnant la profondeur, calculer le temps dont il dispose pour entrer dans le port. <u>Attention</u> : pour naviguer en toute sécurité, la distance entre la quille et le fond du chenal doit être égale à au moins 20 % du tirant d'eau !

5. Le trajet depuis l'entrée du chenal jusqu'au débarcadère dure environ une heure et demie. Quel peut être le tirant d'eau maximal d'un navire pour qu'il puisse entrer au port sans danger ?

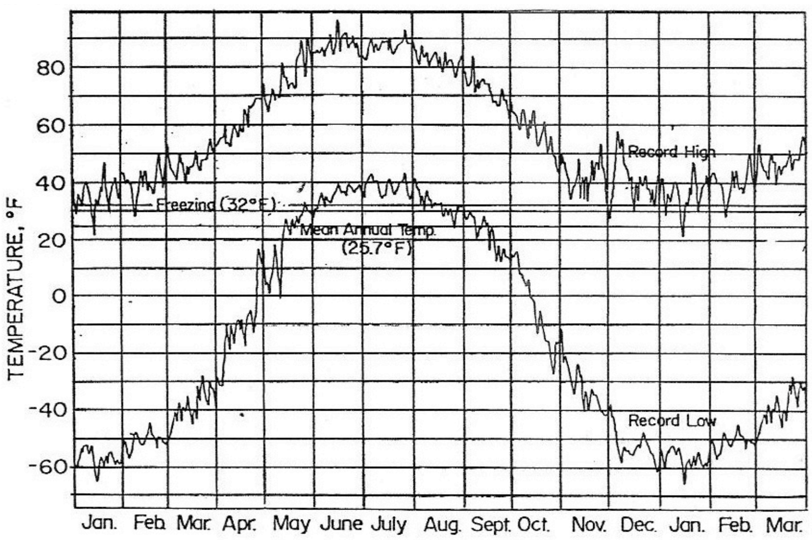
VARIATIONS DE TEMPÉRATURES

Voici un graphique de températures mensuelles moyennes (en degrés Fahrenheit) pour la ville de Bismarck dans le Dakota du Nord aux États-Unis.



1. Quelle est la température moyenne pour le mois de janvier ? Et pour le mois de juillet ?
2. Déterminer l'expression analytique d'une fonction qui modélise les variations de ces températures moyenne au cours de l'année.
3. Le graphique ne renseigne pas la température moyenne pour le mois de février. Utiliser la fonction précédente pour combler cette lacune.

Voici maintenant un graphique concernant la ville de Fairbanks en Alaska. Pour chaque jour de l'année, on a renseigné le « record de chaleur » et le « record de froid » observés entre 1941 et 1970.



Air temperature at Fairbanks, Alaska (1941–70)

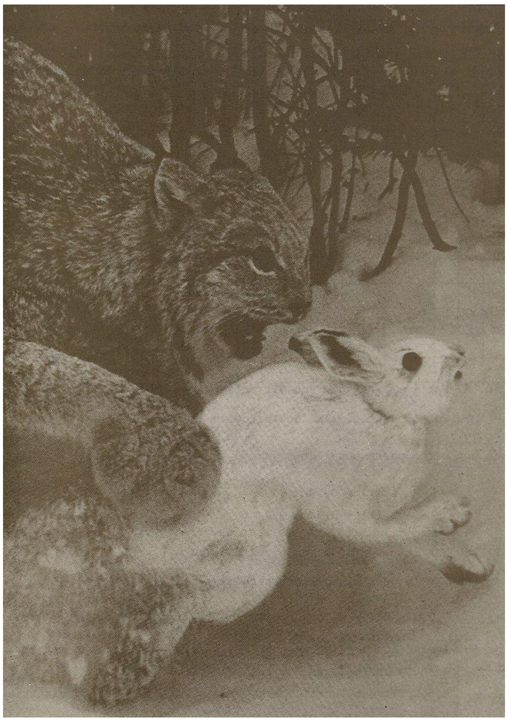
4. Quel est le record de froid pour le 1er mars ? Et le record de chaleur ? Exprimer ces records en degrés Celsius (pour information : $F = 1{,}8 \cdot C + 32$).
5. Entre les deux graphiques, tracer une courbe « lisse » donnant la température moyenne. Donner une expression analytique de cette fonction.

PROIES ET PRÉDATEURS

Dans les archives de la *Société Commerciale de la baie d'Hudson* au Canada, se trouvent des recensements des populations locales de lynx et de leurs proies favorites, les lièvres.

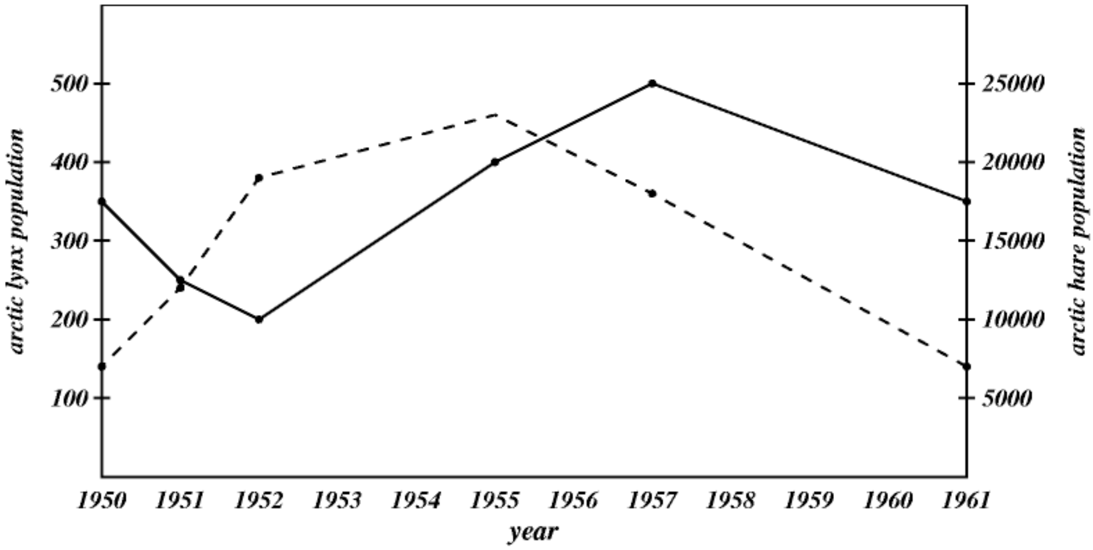
En 1950, ces populations furent estimées à 350 lynx et 7000 lièvres. Il y avait donc relativement peu de proies disponibles pour les lynx en regard de l'étendue de la région considérée. Les félins trouvant difficilement à se nourrir, la population de lièvres explosa et celle des lynx diminua.
En 1951, l'on dénombra ainsi 12000 lièvres et 250 lynx, et en 1952, 19000 lièvres pour 200 lynx.

Mais dans ce nouveau contexte , il devint plus aisé pour les lynx de se nourrir : ils étaient peu nombreux tandis que les proies étaient redevenues suffisantes. En 1955, on observa ainsi une remontée du nombre de lynx à 400 individus, les proies restant abondantes (23000 lièvres).
Les félins redevenant plus nombreux, la population de lièvres décrût rapidement : 18000 en 1957 et 7000 en 1961 (pour respectivement 500 et 350 lynx).



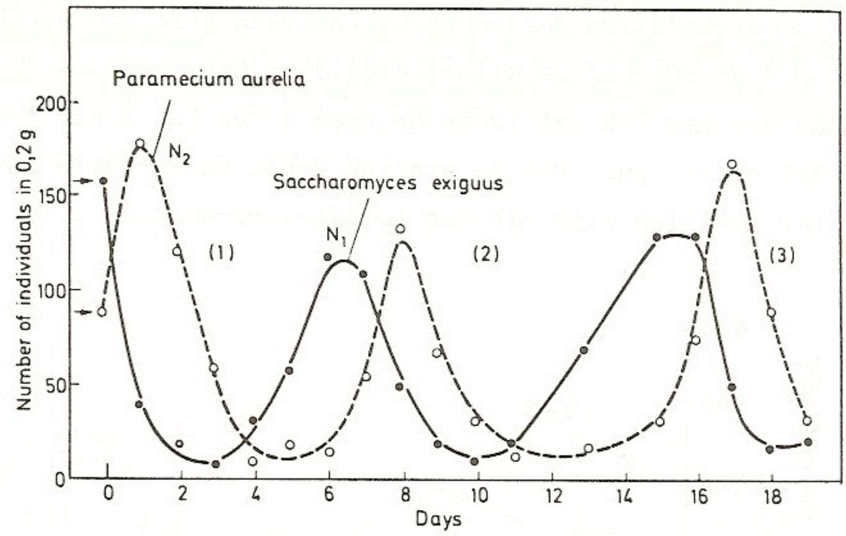
Lynx et lièvre arctiques

Pour diverses raisons, les recensements ne furent pas poursuivis les années suivantes, les responsables étant d'ailleurs convaincus que tout le cycle observé précédemment se répétait tous les dix ans environ. Le graphique ci-dessous résume les informations précédentes.



Ce qui vient d'être décrit est un exemple de système « proies – prédateurs », dans lequel chaque population évolue grosso modo de façon périodique.

Cette hypothèse de périodicité est évidemment simplificatrice mais l'observation d'autres systèmes « proies – prédateurs » montre qu'elle est raisonnable. Le graphique suivant en témoigne. Il montre les évolutions d'une population de paramécies (*paramecium aurelia*) et d'une population de levures (*saccharomyces exiguus*).



Si nous voulons modéliser mathématiquement un système « proies – prédateurs », il semble donc raisonnable d'utiliser des fonctions sinusoïdales, afin de rendre compte de la périodicité de chacune des populations.

Un exemple et quelques questions

Dans un système « proie – prédateurs », les deux populations d'animaux sont données par les fonctions suivantes :

$$N_1(t) = 200 \cdot \sin t + 400$$

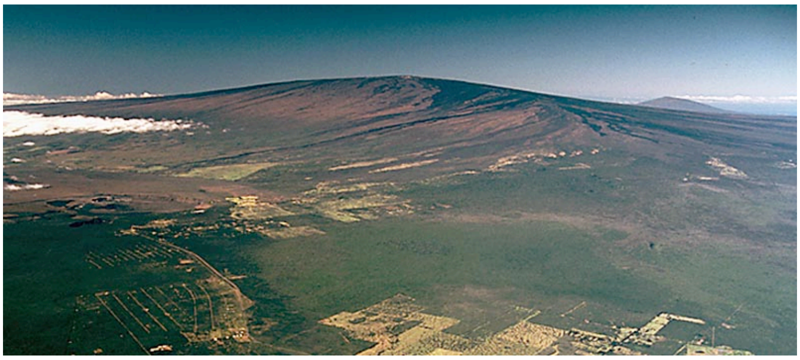
$$N_2(t) = 300 \cdot \sin\left(t - \frac{2\pi}{5}\right) + 500$$

Dans les deux formules, la variable t est en radians et représente le nombre de périodes de cinq ans.

1. Combien d'années faut-il pour réaliser un cycle complet ?
2. Quel est le nombre maximum (minimum) d'individus de chaque espèce ?
3. Représenter ces deux fonctions sur un même graphique.
4. Quelle est la fonction qui donne le nombre de prédateurs ? Expliquer.

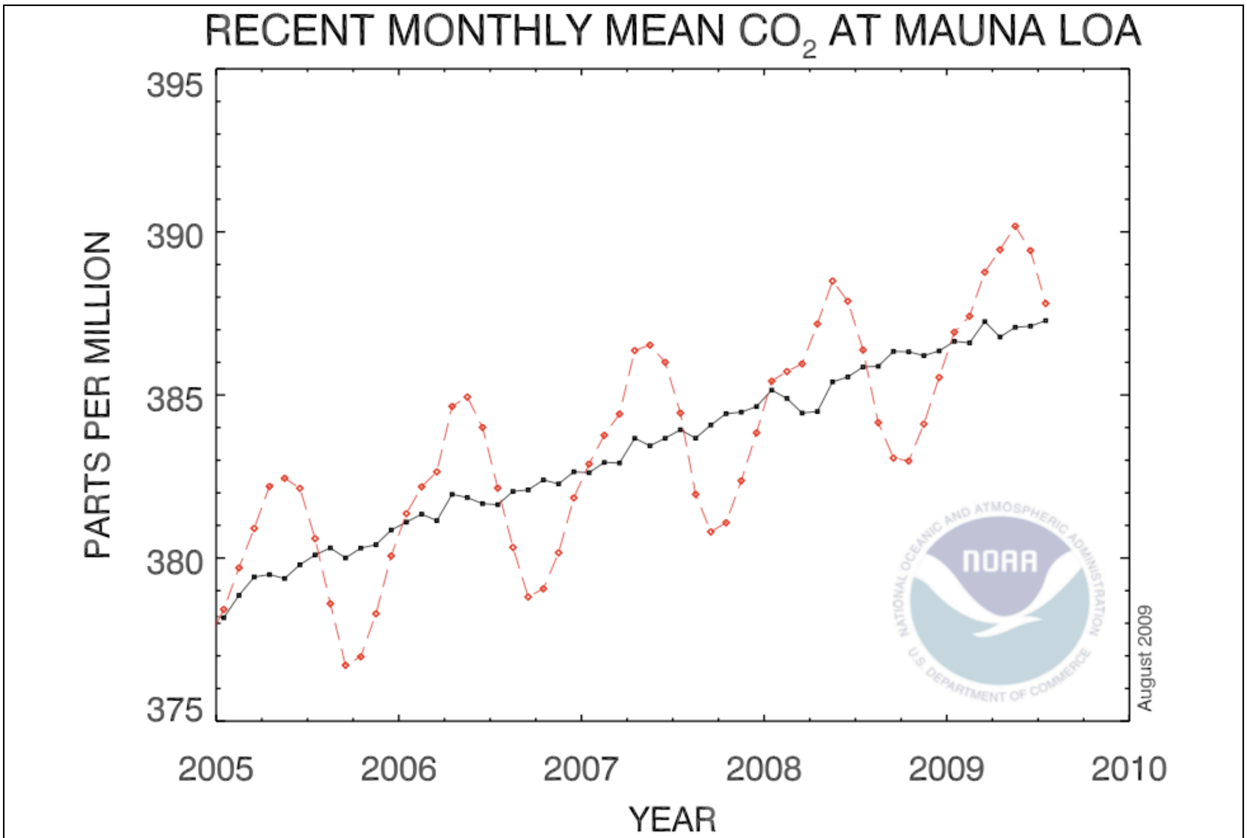
LE DIOXYDE DE CARBONE DANS L'ATMOSPHÈRE

Le plus grand volcan du monde est le *Mauno Loa*, sur l'île d'Hawaï. Il culmine à 4710 mètres et offre des conditions atmosphériques très favorables à divers types d'observations. C'est ainsi que depuis 1957, un observatoire a permis de mettre en évidence l'augmentation régulière de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère.



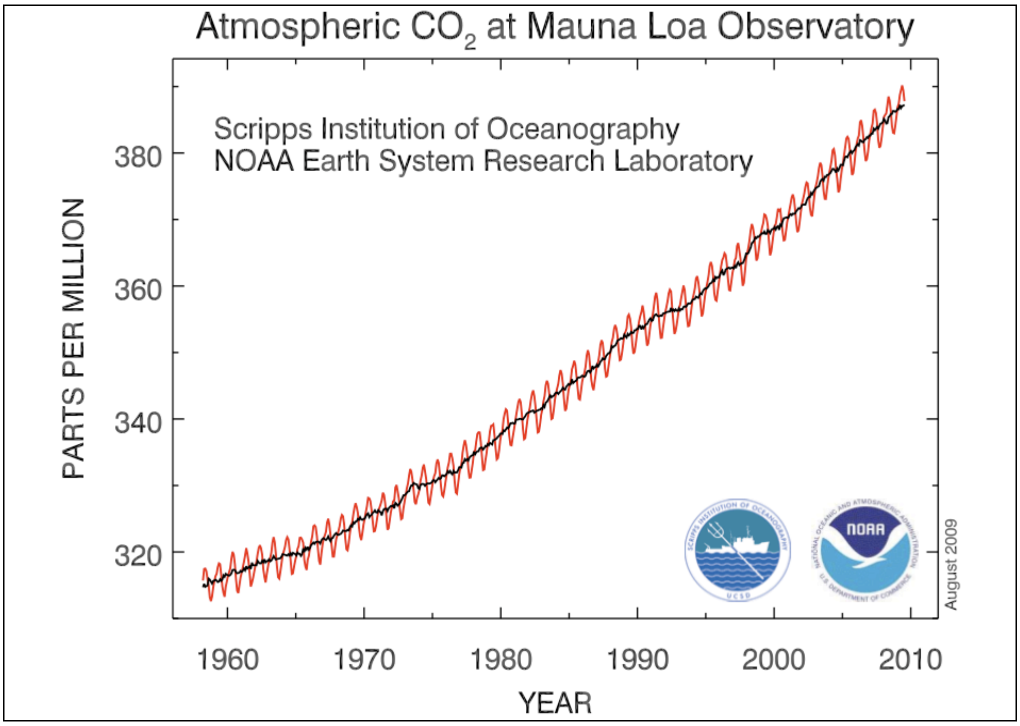
Le Mauno Loa, « la longue montagne » en Hawaïen

Voici un graphique qui donne les concentrations mensuelles moyennes en CO_2 de 2005 jusqu'à nos jours (source : http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/).

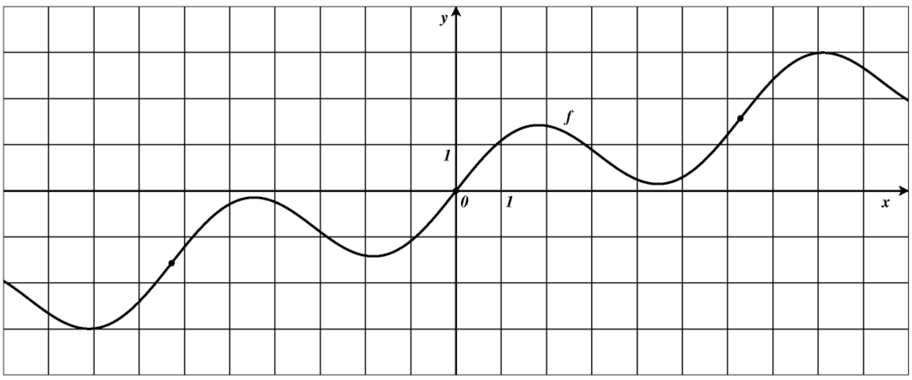


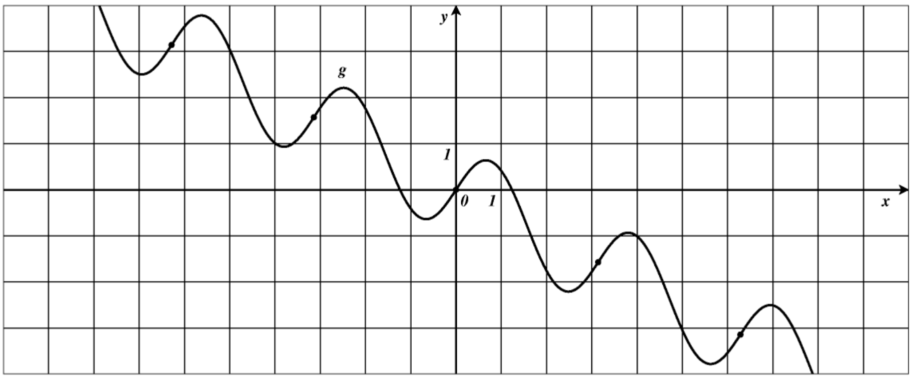
1. Rechercher une fonction modélisant la courbe qui présente les plus grandes amplitudes dans ses variations. Cette courbe ressemble à une fonction de référence. Quant à la courbe intermédiaire, qui présente de plus faibles variations, son allure générale devrait donner une idée de ce qu'il faut faire …

2. Le graphique suivant donne les concentrations récoltées depuis 1957. Comment pourrait-on améliorer le modèle précédent ? Autrement dit, trouver une fonction qui s'ajuste mieux aux observations.



3. Un exercice dans l'esprit de ce qui précède : déterminer une expression analytique pour chacune des fonctions f et g représentées ci-dessous.





ASSOCIER FORMULES ET GRAPHIQUES

Voici dix expressions analytiques de fonctions. Retrouver le graphique de chacune d'elles et justifier le choix.

a) $f(x) = \left|x^4 - 4x^2\right|$

b) $f(x) = \dfrac{1}{x-2}$

c) $f(x) = \dfrac{x}{x^2-1}$

d) $f(x) = \left|\dfrac{x^2-1}{x^2+1}\right|$

e) $f(x) = \dfrac{12}{x^2+2x+5}$

f) $f(x) = x^3 + x^2$

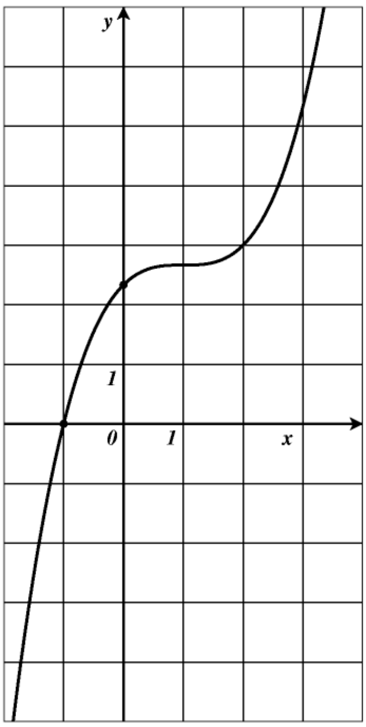
g) $f(x) = \dfrac{x^2+x}{x-1}$

h) $f(x) = \dfrac{x^3}{x^2+1}$

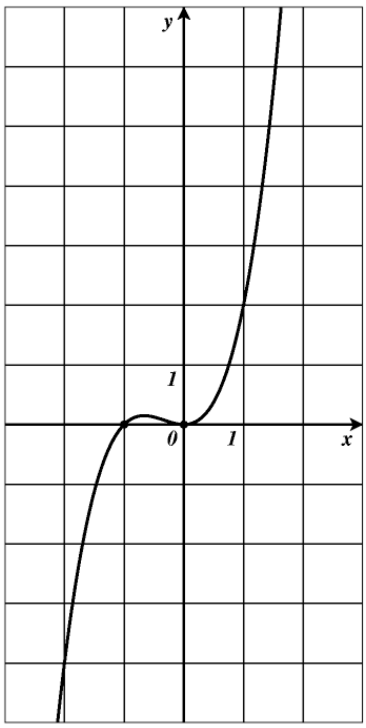
i) $f(x) = x^5 - 5x^3$

j) $f(x) = \dfrac{x^3}{3} - x^2 + x + \dfrac{7}{3}$

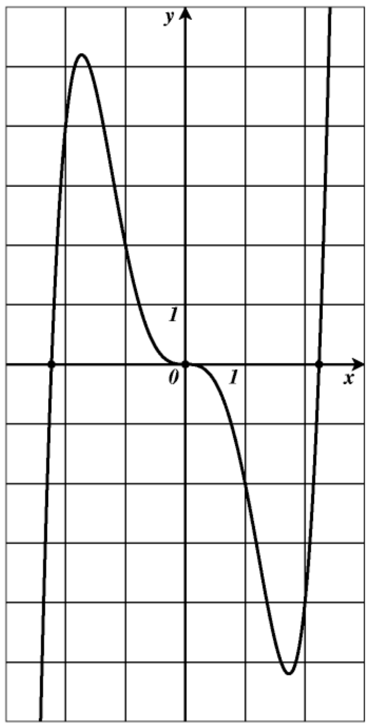
❶



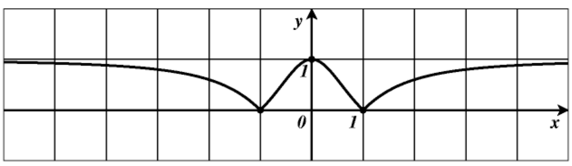
❷



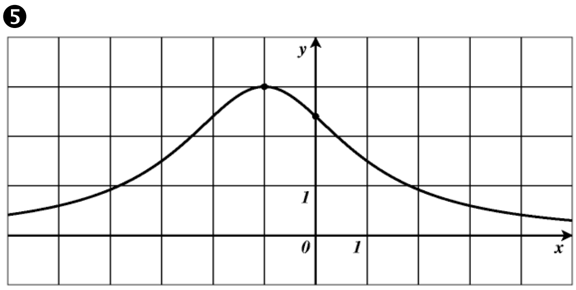
❸



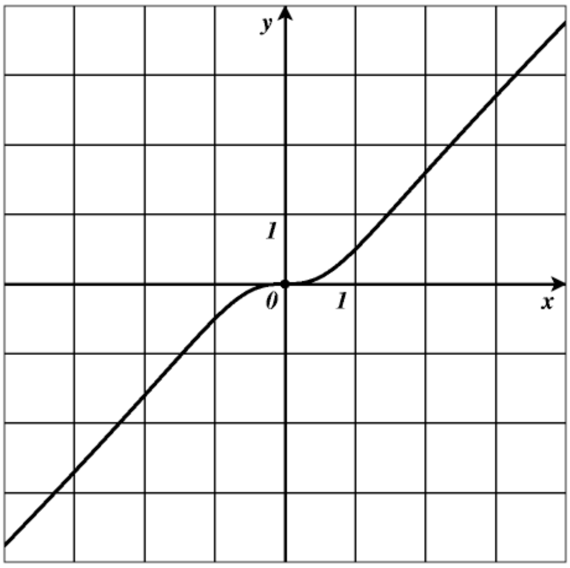
❹



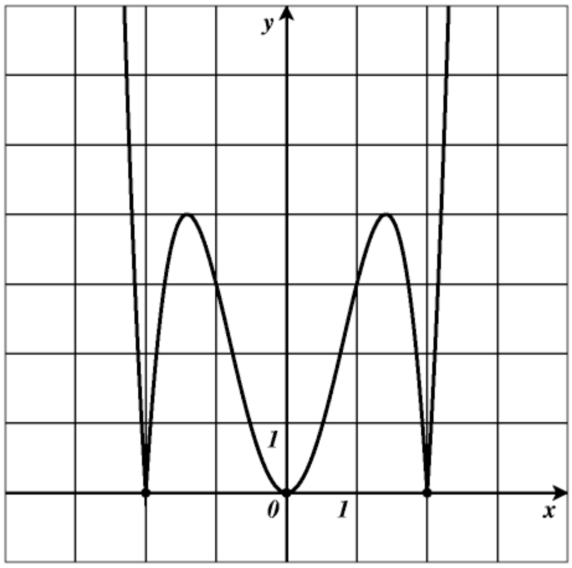
❺



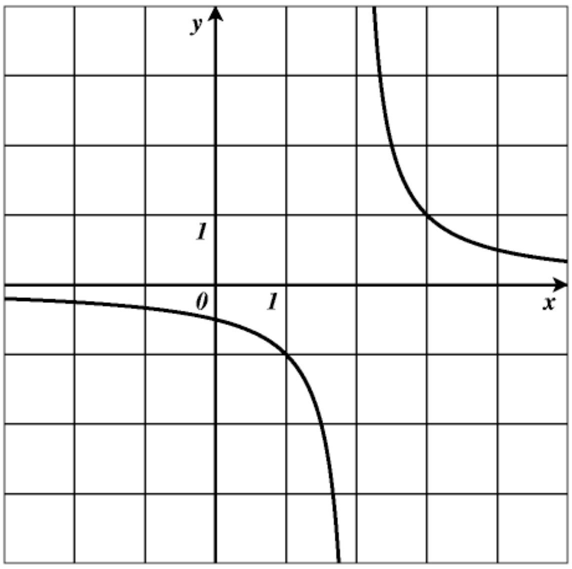
❻



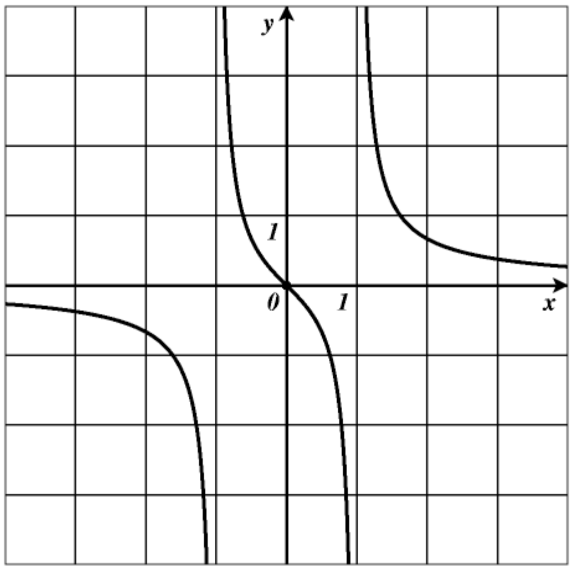
❼



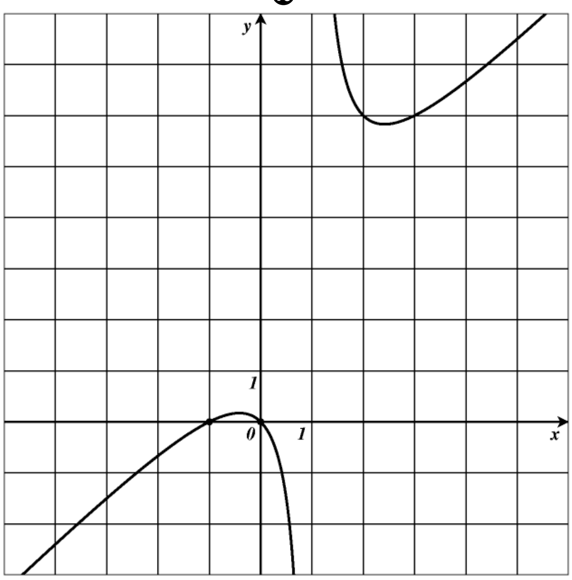
❽



❾



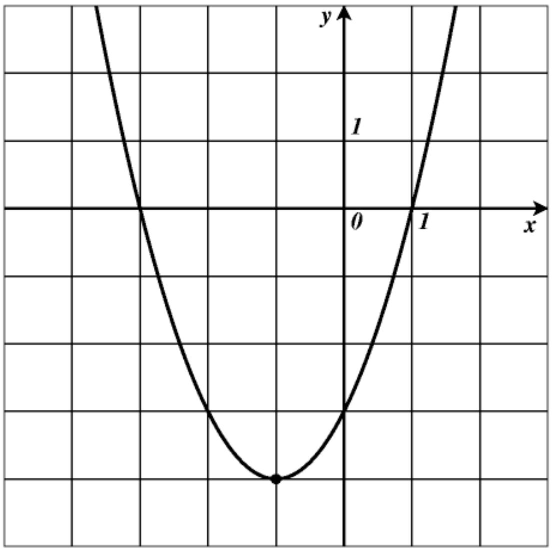
❿



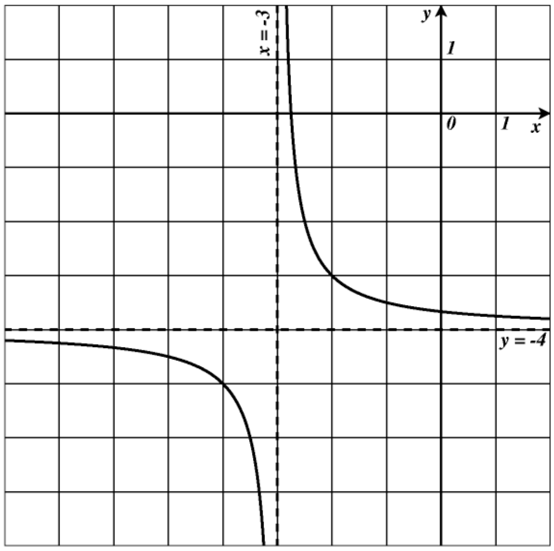
TRANSFORMATIONS DE GRAPHIQUES
TROUVER L'EXPRESSION ANALYTIQUE D'UNE FONCTION

Déterminer une expression analytique de chacune de fonctions représentées ci-dessous, sachant qu'elles ont été obtenues par transformations de graphiques de fonctions de référence.

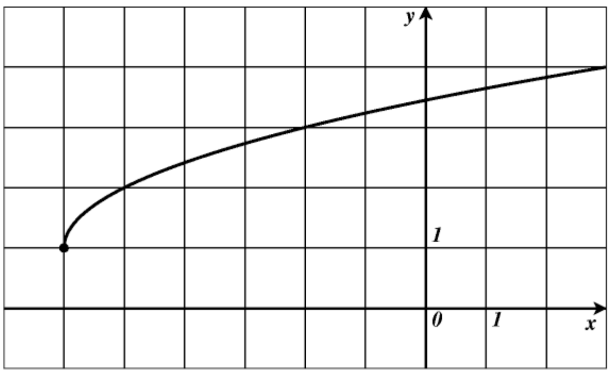
❶



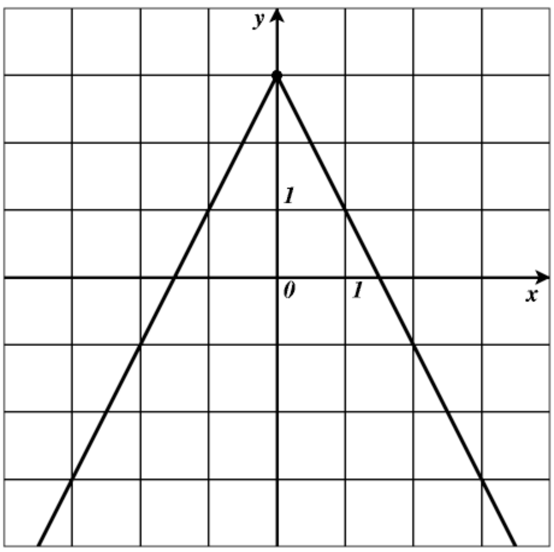
❷



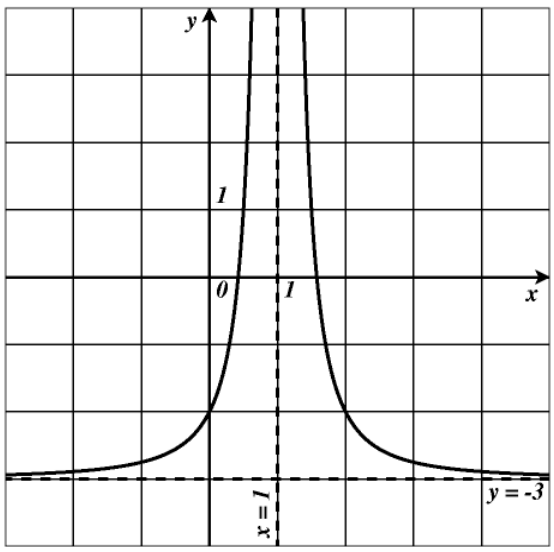
❸



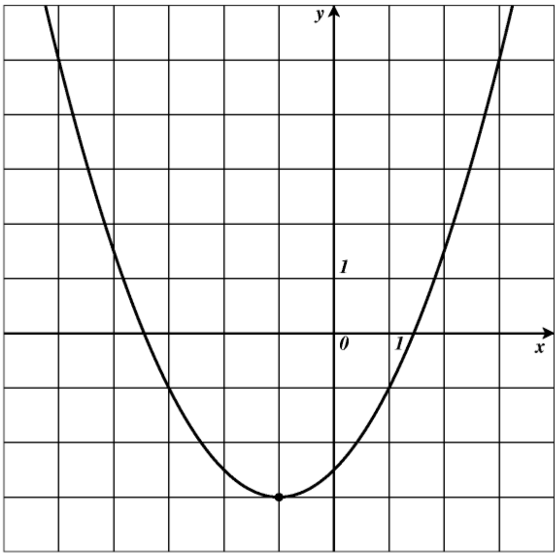
❹



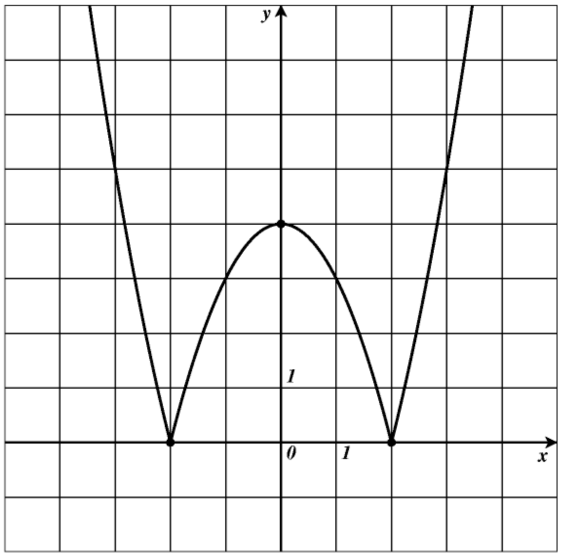
❺



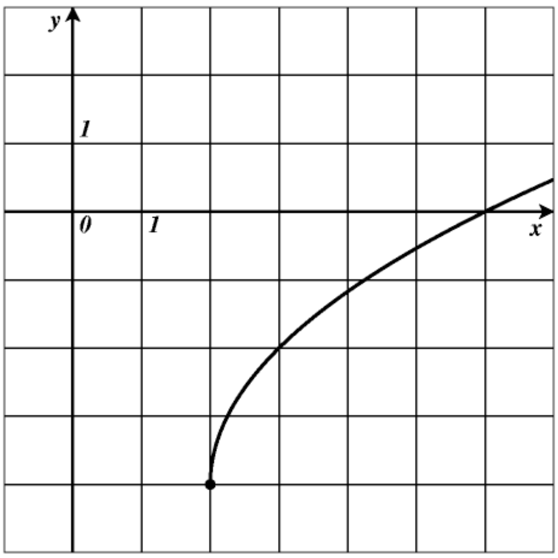
❻



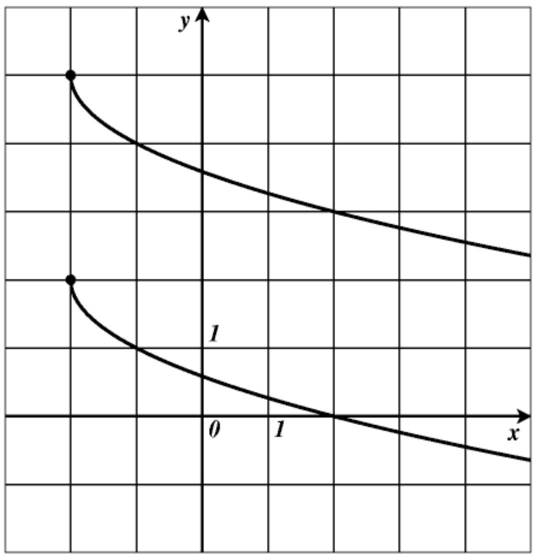
❼



❽



❾



❿