



Les deux bidons

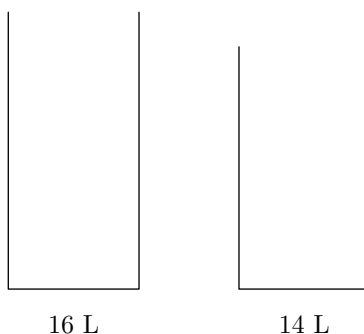
Problème — Fiche n°130



Deux bidons sans aucune graduation, une rivière à volonté, et le droit de vider par terre. Obtenir un volume au litre près paraît relever de la chance : c'est en réalité une question d'arithmétique, et certains volumes sont hors d'atteinte quoi qu'on fasse.

Les deux bidons

Vous disposez de deux bidons **sans aucune graduation** : l'un contient **16 litres**, l'autre **14 litres**. Vous êtes au bord d'une rivière.



Trois gestes seulement sont autorisés :

- **remplir** complètement un bidon à la rivière ;
- **vider** entièrement un bidon par terre ;
- **transvaser** un bidon dans l'autre, jusqu'à ce que le premier soit vide **ou** que le second soit plein.

Impossible donc de « remplir à moitié » : on ne peut pas mesurer à l'œil, seuls comptent les bidons pleins ou vides.

Les trois questions montent en difficulté : la dernière demande de raisonner sur **tous** les volumes à la fois.

1. **Pour se lancer** : obtenir exactement **2 litres** dans l'un des deux bidons. Décrire les gestes.
2. Obtenir exactement **13 litres** dans l'un des deux bidons. Décrire les gestes — ou **démontrer que c'est impossible**.
3. **Quels sont TOUS les volumes** que l'on peut obtenir avec ces deux bidons ? Justifier.



Correction

Les deux bidons — Correction

Comment noter les choses. On décrit la situation par un couple : le contenu du bidon de 16 L, puis celui du bidon de 14 L. On part de $(0; 0)$, et chaque geste fait passer d'un couple au suivant. Le problème devient alors un parcours, et non plus une devinette.

1. Pour obtenir 2 L :

Geste	Bidon de 16 L	Bidon de 14 L
Départ	0 L	0 L
1. remplir le bidon de 16 L	16 L	0 L
2. transvaser le 16 L dans le 14 L	2 L	14 L

En 2 gestes, on a bien 2 L.

2. Cherchons ce que les gestes autorisés peuvent produire.

L'invariant. Le PGCD de 16 et 14 vaut **2**. Observons qu'à chaque instant, le contenu de chaque bidon est un **multiple de 2** :

- au départ, les deux bidons contiennent 0, qui est multiple de 2 ;
- **remplir** met 16 ou 14 litres, tous deux multiples de 2 ;
- **vider** met 0, multiple de 2 ;
- **transvaser** ne fait qu'ajouter à l'un ce qu'il retire à l'autre : une différence de multiples de 2 reste un multiple de 2.

Donc, quoi qu'on fasse et aussi longtemps qu'on s'acharne, chaque bidon contient toujours un multiple de 2.

Or 13 n'est pas un multiple de 2 ($13 \div 2$ ne tombe pas juste). Obtenir 13 litres est donc impossible.

Le point de méthode. On n'a essayé aucune combinaison. On a montré qu'une propriété vraie au départ reste vraie après chaque geste, et qu'elle interdit le but. C'est un raisonnement par **invariant** — le même que celui du damier et des dominos.

3. Listons ce que l'on peut atteindre. En explorant toutes les situations possibles, les volumes obtenus sont :

0 L, 2 L, 4 L, 6 L, 8 L, 10 L, 12 L, 14 L, 16 L.

Ce sont exactement les **multiples de 2** compris entre 0 et 16 — et 2 est le **PGCD de 16 et 14**.

Ici $\text{PGCD}(16; 14) = 2$: seuls les multiples de 2 sont réalisables — soit 9 volumes sur les 17 envisageables.

Le résultat général. Avec deux bidons de contenances a et b , on peut obtenir exactement les multiples de $\text{PGCD}(a; b)$, et rien d'autre. En particulier, si a et b n'ont aucun diviseur commun autre que 1, **tous** les volumes entiers sont atteignables — aussi étonnant que cela paraisse avec deux bidons non gradués.

Pour aller plus loin. Ce résultat porte un nom : c'est le **théorème de Bézout**. Obtenir un volume v revient à trouver deux entiers u et w tels que $u \times a + w \times b = v$ — remplir u fois le premier bidon et vider w fois le second.