

Table des matières

Qu'est-ce qu'un MNT (Modèle Numérique de Terrain) ?	2
Comment estime-t-on les altitudes ?	3
Calcul du dénivelé cumulé brut	4
Qu'est-ce que l'algorithme par "moyenne mobile" fréquemment utilisé ?	5
Qu'est-ce que l'algorithme de <i>Ramer-Douglas-Peucker</i> (= RDP) choisit pour être déployé dans BD Rando (WebSIG et Publiweb) en novembre 2025 ?	6
Pourquoi l'algorithme RDP a-t-il été préféré à celui de la moyenne glissante ?	8
Et pourquoi, pour un même parcours provenant de différentes applications ou sites, les dénivelés cumulés sont très souvent différents, avec parfois des écarts importants ?	8
N'y a-t-il pas de dénivelé cumulé exact sans avoir recours à des algorithmes qui donnent des résultats différents ?	8

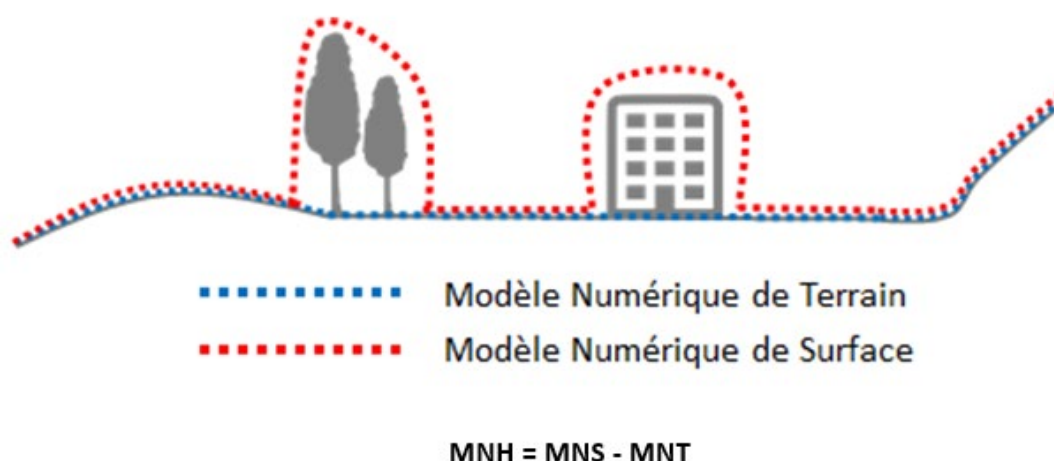
Qu'est-ce qu'un MNT (Modèle Numérique de Terrain) ?

Un MNT (Modèle Numérique de Terrain) est un fichier numérique qui indique l'altitude du sol en différents points d'une carte, avec une certaine précision. C'est, en quelque sorte, une carte de l'altitude qui complète la carte "plate" du terrain.

Un MNT ne tient pas compte de ce qui n'est pas le sol : la végétation ou les constructions, par exemple, n'apparaissent pas dans les altitudes.

Il existe aussi les MNS (Modèles Numériques de Surface), qui eux incluent la hauteur de la végétation et des constructions comme les ponts et les bâtiments.

On parle également de MNH (Modèle Numérique de Hauteur), qui correspond à la différence entre le MNS et le MNT.



Source : IGN

Grâce aux techniques modernes, notamment le LiDAR (un système de mesure au laser), ces modèles sont devenus très précis : alors qu'on avait autrefois seulement un point d'altitude tous les quelques mètres avec plusieurs mètres d'erreur possible, les nouveaux modèles de l'IGN offrent dix points de mesure par m², avec une précision verticale de quelques dizaines de centimètres.

Le randonneur utilisera surtout le MNT (le sol nu), tandis que le parapentiste devra plutôt regarder le MNS pour éviter les obstacles !

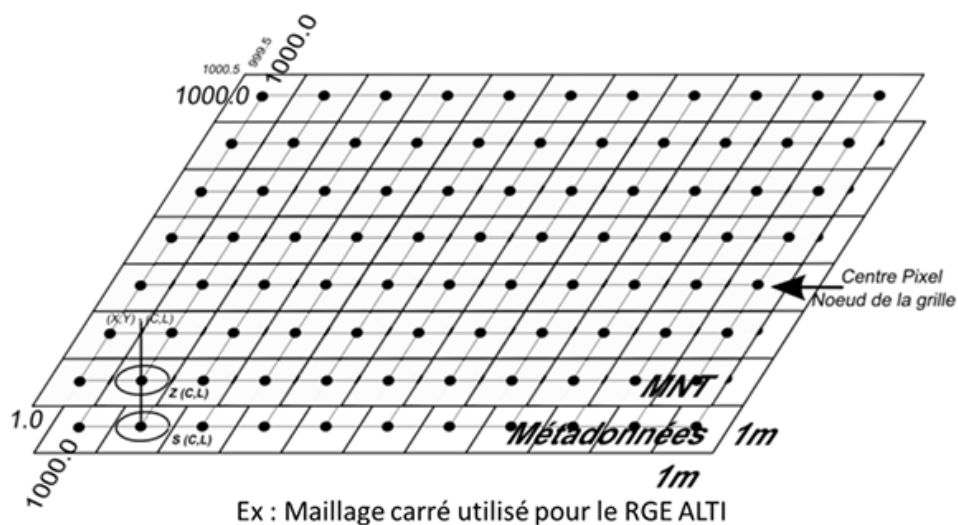
Comment estime-t-on les altitudes ?

Il existe plusieurs façons de connaître ou d'estimer l'altitude d'un point :

- Sur le terrain, on peut utiliser un altimètre barométrique, qui mesure la pression atmosphérique pour en déduire l'altitude.
Mais cette méthode a un défaut : la pression change aussi avec la météo.
Il faut donc régulièrement recalibrer l'altimètre en se plaçant à un point dont l'altitude est connue.
- On peut aussi utiliser l'altitude fournie par un récepteur GNSS (GPS, Galileo, etc.). Cependant, pour un usage amateur comme la randonnée, cette altitude est souvent peu précise, avec des erreurs pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres.
- En cartographie, on utilise des fichiers spécialisés appelés MNT (Modèles Numériques de Terrain), qui indiquent l'altitude du sol à différents points.
Leur précision dépend de leur origine et de leur qualité.

C'est pour cela que, selon la source utilisée, les altitudes indiquées peuvent varier.

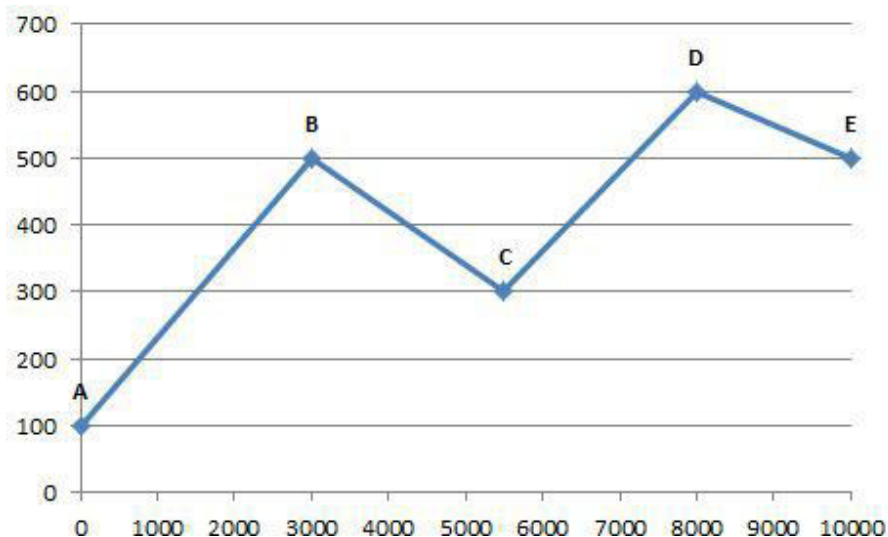
Dans BD Rando, les géométries sont saisies manuellement par les utilisateurs. Si la coordonnée x,y de chaque point de saisie correspond à la position géographique dans un référentiel donné, la valeur z qui lui est attribuée automatiquement par le logiciel provient du MNT IGN RGE Alt®.



Source : IGN

Calcul du dénivelé cumulé brut

Le *dénivelé cumulé brut* additionne toutes les variations de pente, même minimes. Sur un itinéraire allant de A à E en passant par B, C et D (point le plus haut), le *dénivelé global* est simplement la différence d'altitude entre E et A.



Source : wikipedia

Le *dénivelé positif cumulé*, lui, additionne toutes les montées : ici (A-B) puis (C-D).

Dans l'autre sens, on calcule de la même manière toutes les montées rencontrées, ce qui donne une valeur différente.

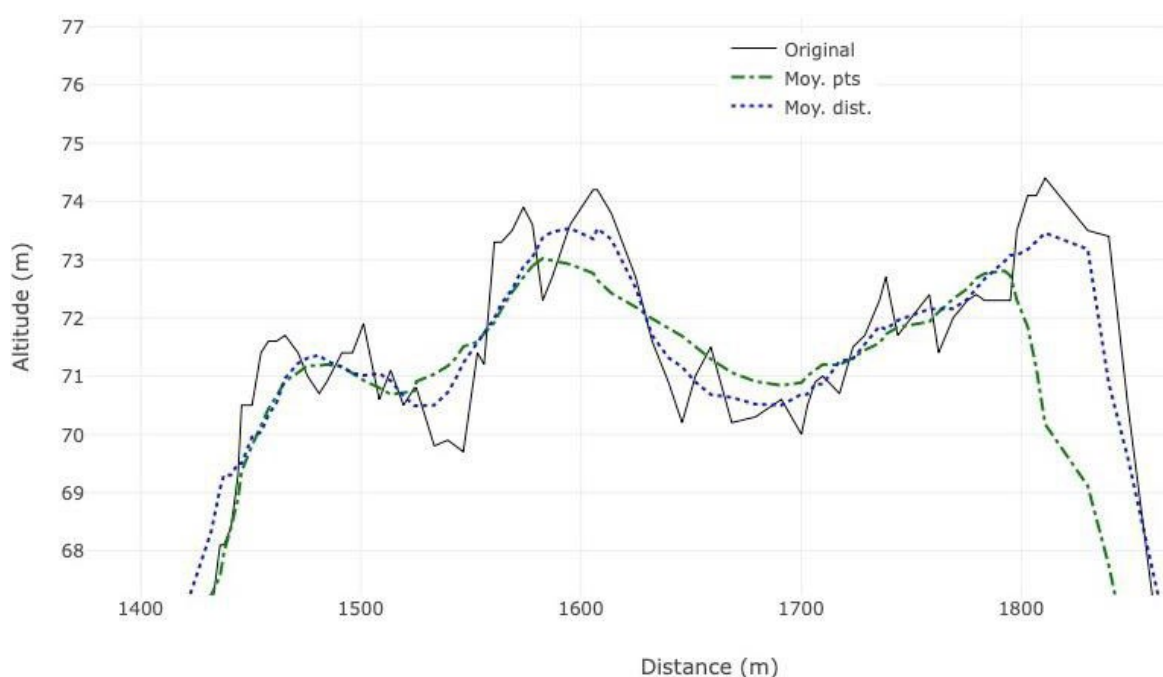
Ainsi, le dénivelé cumulé est toujours supérieur au dénivelé global, ce que les outils numériques permettent aujourd'hui de mesurer plus précisément.

Qu'est-ce que l'algorithme par "moyenne mobile" fréquemment utilisé ?

Beaucoup de sites ou d'applications smartphones utilisent un filtre passe-bas¹ appelé *moyenne mobile*, qui lisse une courbe en moyennant chaque point avec ses voisins. Le nombre de voisins à considérer doit être réglé avec précision, mais pour les profils altimétriques il n'existe aucun critère fiable : chacun choisit donc "au jugé", souvent pour obtenir des résultats similaires à la concurrence, ce qui conduit à des valeurs fausses.

La moyenne mobile est en réalité un outil de lissage surtout utilisé en industrie, commerce ou économie (prévisions de demande, ventes, séries macroéconomiques). Pour le calcul de dénivelé cumulé, l'algorithme de Douglas-Peucker est bien plus adapté, tandis que la moyenne mobile est inappropriée.

Voici un exemple de comportement de la méthode par moyenne mobile. En noir, une portion de profil altimétrique réel, en vert, un lissage par moyenne mobile en nombre de points, et en bleu moyenne mobile en distance.



Source : B. Perrot

On voit bien que si la forme générale est à peu près respectée, les sommets en particulier sont écrêtés. Pour calculer un dénivelé cumulé, cela va conduire à une sous-estimation de la valeur.

¹ Un filtre dit "passe-bas" est un filtre qui ne laisse passer que les basses fréquences d'un signal, et élimine les hautes fréquences. C'est l'expression la plus simple d'un filtre qui élimine les "parasites"

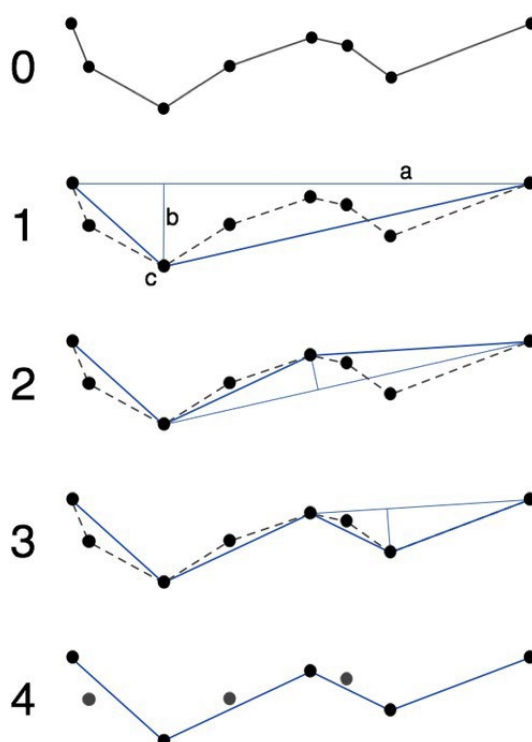
Qu'est-ce que l'algorithme de *Ramer-Douglas-Peucker* (= RDP) choisit pour être déployé dans BD Rando (WebSIG et Publiweb) en novembre 2025 ?

Plus souvent appelé algorithme de Douglas-Peucker, il sert à simplifier un polygone ou une ligne brisée en supprimant des points. Il est souvent utilisé en compression de données vectorielles et en généralisation cartographique.

En partant d'une ligne brisée (ou polygône), on la simplifie et on la remplace par une ligne simple (deux points), si la distance de son point le plus éloigné de la droite formée par les extrémités de la ligne brisée est inférieure à un certain seuil.

L'algorithme travaille de manière récursive, c'est-à-dire qu'une fonction se réexécute elle-même afin de traiter progressivement des versions plus simples du même problème.

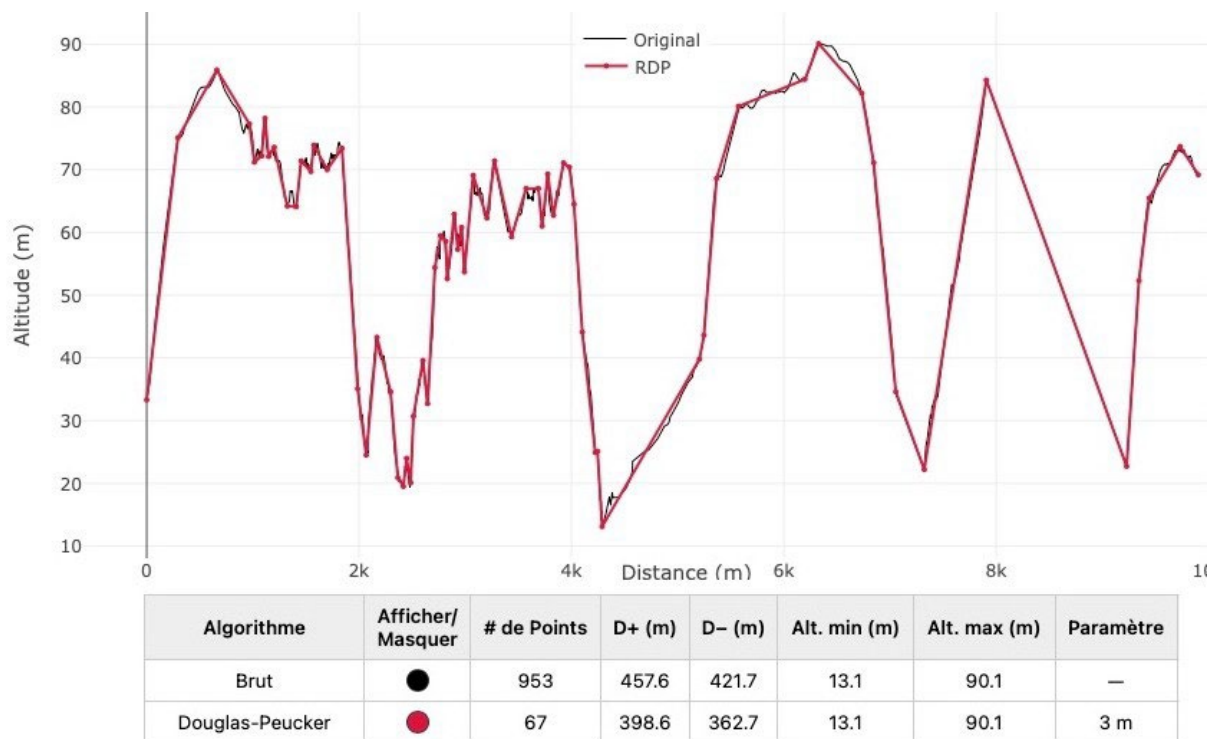
Ci-dessous, un exemple très simple montrant l'action de cet algorithme.



Source : wikipedia

On voit bien une caractéristique essentielle de cet algorithme : il conserve les sommets principaux du tracé.

Prenons maintenant le cas concret d'un parcours d'une dizaine de kilomètres. Le profil brut est affiché en noir, le profil simplifié par l'algorithme RDP est en rouge (avec une tolérance fixée à 3m. A noter la réduction du nombre de points, de 953 à 67, sans que les altitudes des sommets et des creux soient altérées.



Source : B Perrot

Pourquoi l'algorithme RDP a-t-il été préféré à celui de la moyenne glissante ?

L'algorithme RDP est plus adapté que les moyennes glissantes pour calculer des dénivelés, car il **préserve la structure réelle du profil altimétrique**. Les moyennes glissantes lissent les valeurs en supprimant une partie des variations, ce qui peut effacer des montées ou descentes significatives.

À l'inverse, il **réduit toutes les petites variations d'altitude qui ne correspondent pas à un relief réel***, tout en conservant les points clés qui définissent la forme du relief, ce qui permet de mieux identifier les vrais changements de pente et donc d'obtenir un calcul de dénivelé plus fiable.

* Ce sont par exemple les trous ou bosses que le MNT de l'IGN a enregistré.

Aussi, cet algorithme est stable : c'est à dire que si on le ré-applique sur la même courbe simplifiée une première fois, le résultat sera le même. Avec la plupart des autres méthodes, si on ré-applique le filtre, l'atténuation augmente, pour converger vers une ligne droite (donc par exemple, un dénivelé cumulé nul en plaine).

Et pourquoi, pour un même parcours provenant de différentes applications ou sites, les dénivelés cumulés sont très souvent différents, avec parfois des écarts importants ?

Il y a sans doute de nombreuses explications à cela. Parmi les causes possibles, citons :

- Les altitudes viennent d'un enregistrement avec un GPS ou une application sur un smartphone : ces altitudes sont forcément de moindre précision et très variables selon les appareils ;
- Les altitudes sont issues de Modèles Numériques différents autres que ceux de l'IGN (souvent (très) imprécis et anciens) ;
- Les modes de calculs des dénivelés cumulés sont divers, pas adaptés, non pertinents, non prouvés...

N'y a-t-il pas de dénivelé cumulé exact sans avoir recours à des algorithmes qui donnent des résultats différents ?

Non... parce que si l'altitude est une donnée géophysique précise, et si le dénivelé entre deux points est par conséquent une valeur précise, le dénivelé cumulé est lui une donnée "floue", qui n'a pas de définition exacte. Par exemple sur un parcours montagneux, le dénivelé entre le point bas (le départ) et le point haut (le sommet, un col) a une valeur exacte et précise : elle constitue le dénivelé cumulé minimal théorique.

Mais le dénivelé cumulé réel dépend de toutes les variations de terrain, petites et grandes. Le dénivelé cumulé calculé est dépendant de la méthode utilisée pour filtrer les variations non significatives. Notons cependant que certains algorithmes ont pour effet, s'ils sont mal choisis ou mal utilisés ou paramétrés, d'obtenir après calcul un dénivelé cumulé inférieur au minimum théorique : c'est une preuve de l'inadéquation de cet algorithme pour cet usage.