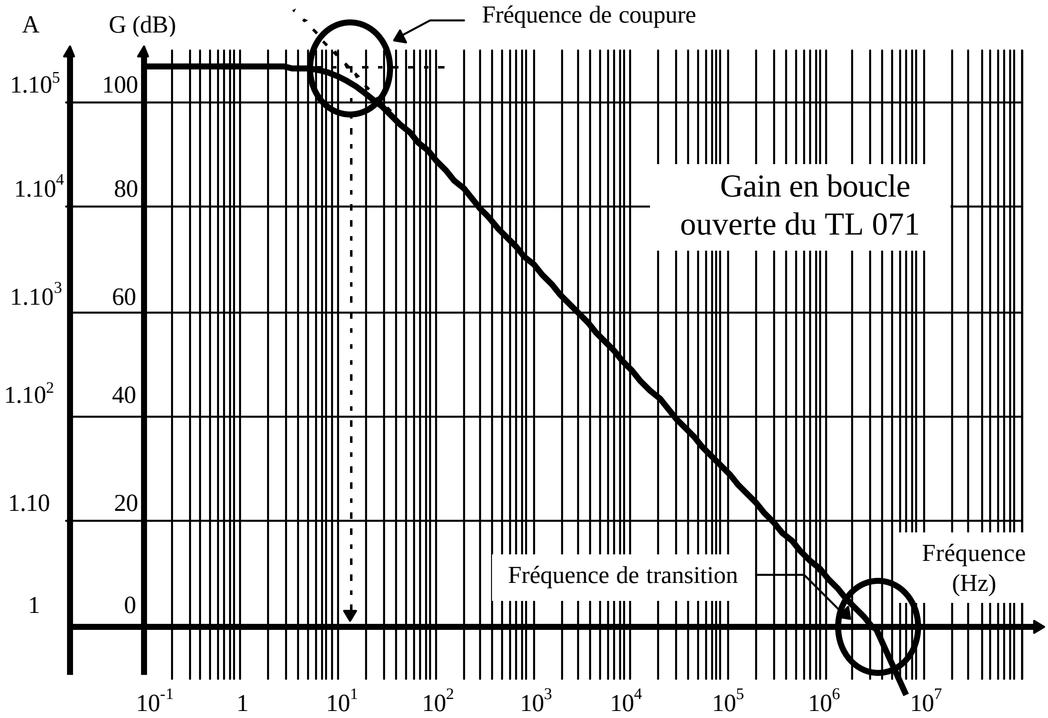
Détermination de la bande passante d'un montage à amplificateur opérationnel.

Soit un AOP, la relation entre l'entrée et la sortie est fixée par l'équation suivante : $Vs = A.\varepsilon$ avec ε tension différentielle d'entrée $e^{+}-e^{-}$.

Dans cette équation le coefficient A correspond à l'amplification en tension. Si l'amplificateur est théoriquement parfait, ont considère que ce coefficient, d'assez grand valeur, environ 1.10^{5} est constant quelque soit la fréquence.

En fait ce coefficient n'est absolument constant mais au contraire il s'atténue lorsque la fréquence augmente. La réponse de ce coefficient en fonction de la fréquence est illustré par la courbe suivante en fonction de la fréquence. L'axe des ordonnées est doublé pour faire apparaître soir A = f(fréquence) soit G = f(fréquence) avec G = 20.Log|A|.



Pour des faibles fréquences, l'amplification est sensiblement constante par contre à partir de la fréquence de coupure (fc), l'amplification donc le gain diminue avec une pente de 6 dB par décade. Puis le gain s'annule (amplification unitaire) pour une fréquence nommée la fréquence de transition. Au delà de cette fréquence, la pente passe à 12 dB par décade. Les quatre valeurs remarquables de l'AOP ouvert son notés dans la tableau suivant.

Ao	Go	Fréquence de coupure	Fréquence de transition
200 000	106 dB	15 Hz	3 MHz

Les industriels caractérisent un AOP par la fréquence de transition. Donc pour le choix d'un Le circuit, il est nécessaire de vérifier cette valeur. Par exemple un circuit de type TL071 est donné pour 3 MHz d'autre circuits plus performant sont donnée pour 400 MHz...

Cette caractéristique exprime également une caractéristique appelée, avec erreur, le produit gain bande. En effet le produit de l'amplification par la bande passante est constant :

Cette particularité permet de définir rapidement la bande passante d'un montage linéaire dont on connaît l'amplification ou réciproquement.

Exemple :

	Fréquence	Amplification	Produit G´B
fréquence de transition :	3 000 000	1	3 000 000
fréquence de coupure :	15	200 000	3 000 000
	1 000	3 000	3 000 000

Il est donc possible de définir la bande passante d'un montage linéaire selon trois méthodes :

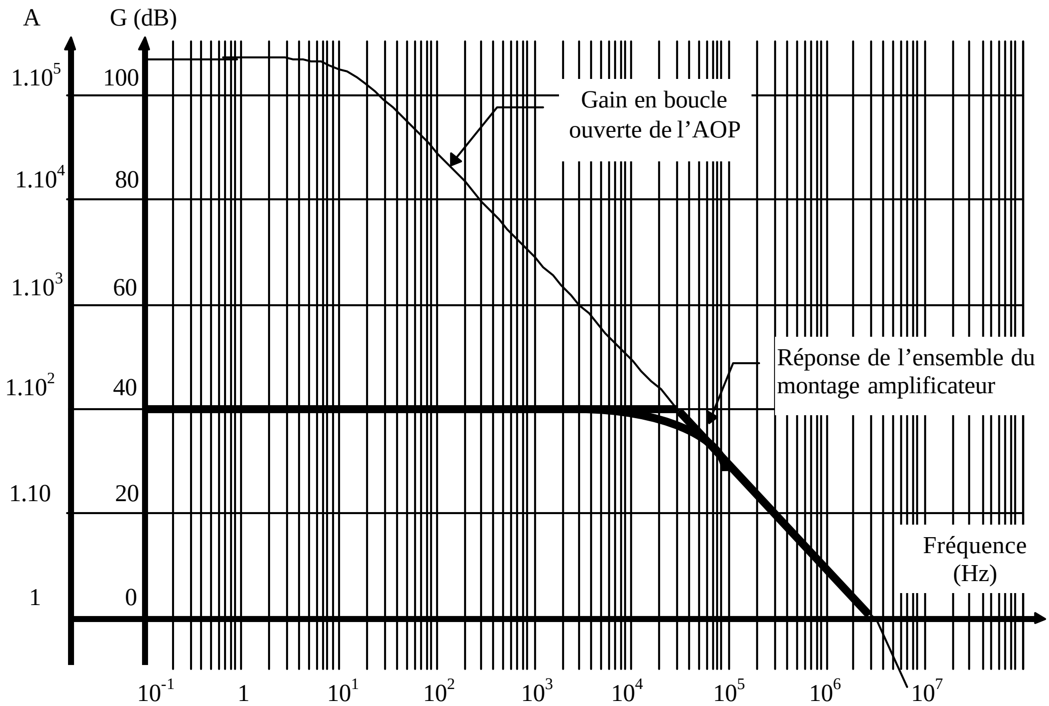
La méthode graphique, en utilisant le produit gain bande ou par la mise en équation du montage ce qui est la méthode la plus objective.

Prenons comme exemple un classique montage inverseur. Ce montage utilise un AOP dont la caractéristique en fréquence est celle déjà présentée. Deux résistances fixent son amplification : R1 réalisant la réaction entre la sortie et l'entrée inverseuse et R2 entre l'entrée du montage et l'entrée inverseuse. R1 est fixée à 100 KΩ et R2 à 1 kΩ.

1° Méthode graphique

En considérant l'AOP parfait l'amplification est définie par l'équation suivante :

$\frac{Vs}{Ve} = -\frac{R1}{R2}$ ce qui donne une amplification de 100 et un gain de 40 dB. Le graphique ci-dessous permet de fixer une ligne correspondant au gain de 40 dB calculé. Cette ligne rencontre la courbe de l'AOP à une fréquence de 30 KHz. Le diagramme asymptotique de la réponse en fréquence de l'ensemble du montage est donc composé de deux droites l'une est la ligne horizontale déjà tracée l'autre suit la courbe de l'AOP.



L'intersection de ces deux droites fixe la fréquence de coupure de l'ensemble du montage ici à 30 KHz.

2° Méthode utilisant le produit gain×bande

Comme l'amplification est de 100, la fréquence de coupure du montage amplificateur est donnée par la calcul rapide $\frac{\text{Produit}\,G\times B}{\text{Amplification}}$ soit : $\frac{3\,000\,000}{100} = 30\,000\,\text{Hz}$

Ce qui correspond au 30 KHz du calcul précédent.

3° Mise en équation du montage

La courbe de réponse en boucle ouverte de l'AOP est donnée par l'équation complexe suivante :

$A(f) = \frac{Ao}{1 + j\frac{f}{fc}}$ dans laquelle nous retrouvons Ao et fc.

L'équation de fonctionnement de l'AOP est fixé par l'équation suivante : $Vs = A(\omega).(e^+ - e^-)$.

L'entrée e^+ est reliée à la masse, sa tension est donc nulle. La tension au point e^- est : $e^- = \frac{R1.Ve + R2.Vs}{R1 + R2}$ avec Ve tension d'entrée de l'ensemble du montage.

Donc : $Vs = -A(f)\left[\frac{R1.Ve + R2.Vs}{R1 + R2}\right]$ soit $Vs\left[1 + A(f)\left[\frac{R2.Vs}{R1 + R2}\right]\right] = -A(f)\left[\frac{R1.Ve}{R1 + R2}\right]$

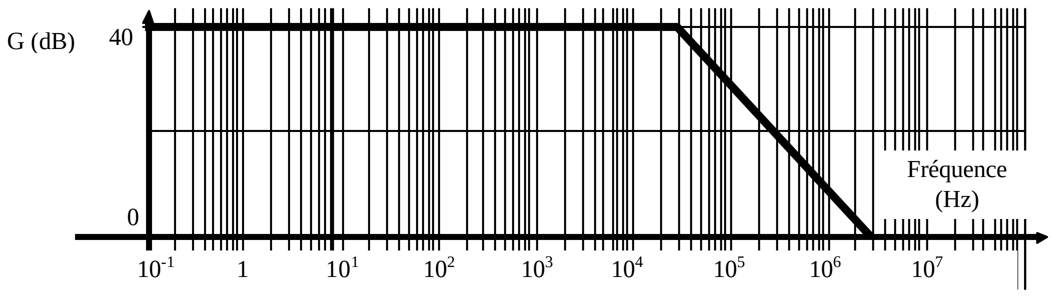
$\frac{Vs}{Ve} = \frac{-A(f).R1}{R1 + R2 + A(f).R2}$ ce qui donne : $\frac{Vs}{Ve} = \frac{-Ao.R1}{(1 + j\frac{f}{fc})(R1 + R2 + \frac{Ao.R2}{1 + j\frac{f}{fc}})}$

$\frac{Vs}{Ve} = \frac{-Ao.R1}{R1 + R2 + Ao.R2 + j\frac{f}{fc}(R1 + R2)}$ $\frac{Vs}{Ve} = \frac{-Ao.R1}{(R1 + R2 + Ao.R2)(1 + j\frac{f}{fc}(\frac{R1 + R2}{R1 + R2 + Ao.R2}))}$

L'expression finale est identifiable à une cellule du premier ordre de type passe bas : $\frac{Vs}{Ve} = \frac{-K1}{1 + j\frac{f}{fc.K2}}$ K1 est l'amplification et (fc.K2) est la fréquence de coupure fc2 de l'ensemble du montage. Les valeurs numériques sont alors :

$$K1 = \frac{-Ao.R1}{R1 + R2 + Ao.R2} \approx 100 \text{ déjà calculé et } K2 = \frac{R1 + R2 + Ao.R2}{R1 + R2} = 1\,981$$

Ce qui donne comme fréquence de coupure de l'ensemble du montage exactement : $1\,981 \times 15 = 29{,}717$ KHz.



Ce type de calcul est plus long mais souvent indispensable dans la cas de structures plus lourdes.