وهذا الخسوف مفيدُ أيضاً لبَعْض الأقمار الصناعية المزودة بالأجهزة السلبيةِ التي تَحتاجُ لتقييد تَأثير الشمسَ على القياسات، حيث توجه الأجهزة دائما نحو الجانبِ الليليِ للأرضِ. أما أقمار الفجر / مدار غسقٍ يستخدم للأقمار الصناعية العلميةِ التي ترصد الشمسِ مثل Yohkoh، Trace وHinode، حيث تمكنهم بصفة مستمرة من رؤيةً الشمسِ.

مع زيادة ارتفاع وميل القمر الصناعي، فإن فائدة المدارِ تَنْقصُ بمقدار الضعفً: أولاً لأن (القمر الصناعي الذي يرصدِ الأرضَ) صور القمرِ الصناعي التي يلتقطها ستكون مِنْ مسافة بعيدةٍ جداً مما يؤثر علي دقة الصورُ، وثانياً لأن الميلَ المتزايدَ يَعْني أن القمر الصناعي لَنْ يَطِيرَ على خطوطِ العرض الأعلى (في المدارات المتقهقرة). فالقمر المتزامنِ مع الشمسِ صمّمَ للطَيَرَانِ على الولايات المتّحدةِ، على سبيل المثال، يَحتاجُ أن تكون زاوية ميل مداره 132° أو أقل، وهذا يَعْني أن يكون الارتفاع ~4600 كيلومتر أو أقل.

ومدار الأقمار الصناعية المتزامنة مع الشمس يمكن تحققها أيضا مع كواكب أخرى غير الأرض مثل كوكب المريخ.

8-5 : المدارات الثابتة Geostationary Satellite Orbits:

بعض الأقمار تبدو كأنها تحلق فوق نفس المكان من سطح الأرض. وهذا النوع يسمى بالأقمار الثابتة Geostationary satellites. وهذه الأقمار تتخذ مدارات خاصة، ولقد تم إطلاق أول قمر من هذا النوع عام 1963م. و تلعب هذه الأيام هذه الأقمار دورا هاما في نقل الاتصالات حول الكرة الأرضية وهى أيضا تقوم بالأرصاد الجوية والتجسس العسكري.

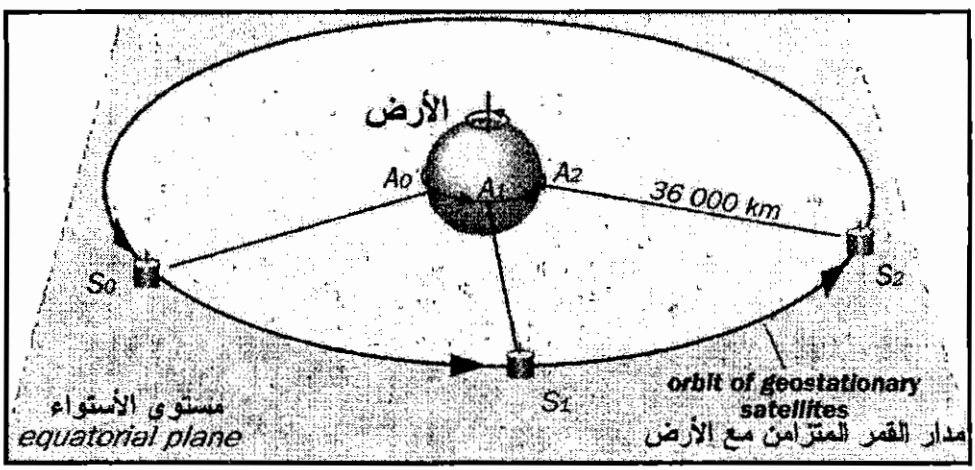
5-8-1 : حساب موقع المدار الثابت Determination of Orbit :

للاحتفاظ بوضع القمر فوق مكان محدد على سطح الأرض يجب أن يكون مدار القمر الثابت كالآتي :

- أن يكون خط العرض ثابت وهذا يحدث فقط عند دائرة الاستواء وأن يكون المدار ميله صفر أي منطبق على دائرة الاستواء تبعا لقانون كبلر.
- أن يكون خط طول موقع القمر ثابت أي تكون السرعة الزاوية للقمر في مداره مساوية لنفس السرعة الزاوية للأرض حول محورها الشكل (5-14). وهذا ممكن فقط في المدارات الدائرية تبعا لقانون كبلر الثاني. ويوضح الشكل (5-14) حركة

القمر من النقطة S_o إلى S_1 إلى S_2 حيث تتحرك النقطة A على دائرة الاستواء على سطح الأرض (التي تقع أسفل القمر) بنفس السرعة من A_o إلى A_1 إلى A_2.

- أن تكون دورة القمر حول الأرض مساوية لدورة الأرض حول محورها (360° في 23 س 56 ق) وهذا يعني أن القمر يجب أن يكون على ارتفاع 35786 كم من سطح الأرض. وعلى هذا الارتفاع يكون حوالي 42% من سطح الأرض تحت نطاق تغطية القمر الثابت الشكل (5-15) حيث تكون الزاوية عند رأس المخروط عند القمر 12′ ° 17 ويتلامس سطح المخروط مع سطح الأرض عند دائرة تقع بين خط عرض 2′ 81° شمالا وجنوبا.وإذا كان القمر ثابتا عند خط طول جرينتيش فإن دائرة التغطية تلمس خط طول 2′ 81° شرقا وغربا أي يكون الفرق في خط الطول وخط العرض 4′ 162 °.

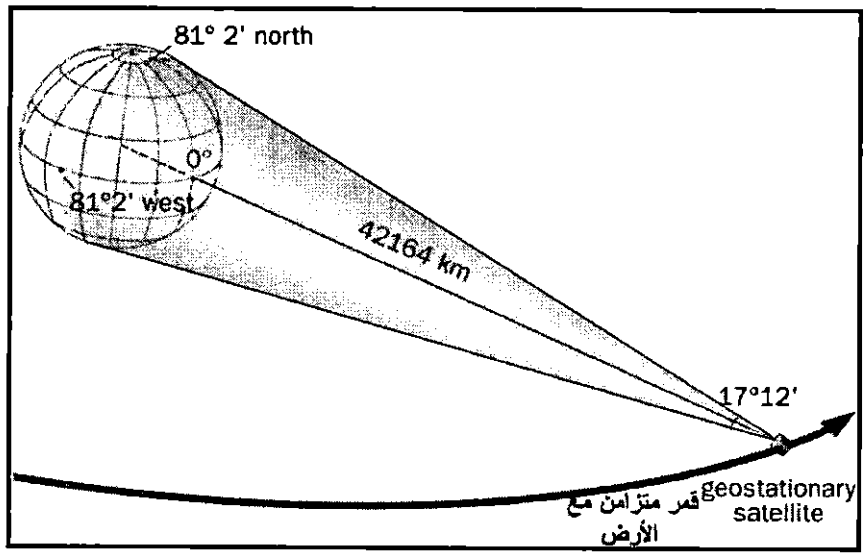


الشكل (5-14). مدار قمر متزامن مع الأرض.

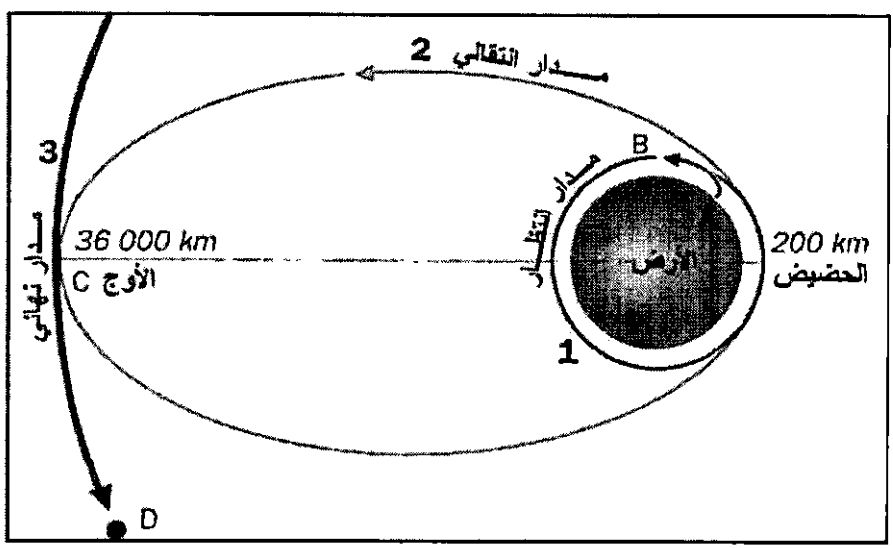
5-8-2 : إطلاق القمر الصناعي الثابت:

إن تعقيدات عملية الإطلاق ومناورات الوصول للمدار النهائي يعتمد على الإحداثيات الأرضية لموقع منصة الإطلاق A. إن أكثر العناصر تأثيرًا تلك التي تكون قرب دائرة الاستواء الشكل (5-16)، حيث عند النقطة B ينفصل القمر من صاروخ الإطلاق، ويأخذ القمر على ارتفاع 200 كم مدارًا منخفضًا حول الأرض (1). ويدور القمر في هذا المدار المنخفض دورة أو اثنتين والذي يسمى بمدار الانتظار الأول. وتحدث المناورة الأولى بتغيير سرعة القمر الذي ينتقل إلى المدار البيضاوي (2) ويسمى بمدار الانتقال. وعند النقطة (C) تحدث مناورة الثانية بتغيير

السرعة ليدخل القمر في مداره الدائري النهائي Operation obit (3) حول الأرض في اتجاه النقطة (D). وخط عرض موقع الإطلاق هو المفتاح الرئيسي لتحديد القوة الدافعة التي يحتاجها القمر لوضعه في مدار استوائي.



الشكل (5-15). منطقة تغطية قمر متزامن.



الشكل (5-16). إطلاق الأقمار إلى مدار ثابت.

5-8-2-1 : الإطلاق من قاعدة جوانا :

وقاعدة الإطلاق في مركز جوانان الفضائي Guianan Space في كورو Kourou قريبة جدا من دائرة الاستواء حيث خط عرضها 10′ 5º شمالاً، وهذا الموقع يعتبر الوحيد القريب من دائرة الإستواء. وهذا الموقع يحتاج إلى مناورات بسيطة جدًا لوضع المدار في مستوى الاستواء. حيث تتكون هذه المناورات من ثلاثة مراحل كما هو واضح بالشكل (5-17). وتفاصيل هذه المراحل كالتالي :

- المرحلة الأولى (المدار الإنتقالى) :

ينفصل القمر مع المحرك الأوجي Apogee Kick motor الملحق به عن مركبة الإطلاق اريان على ارتفاع 200 كم قبل عبورها مستوى دائرة الاستواء عند النقطة (1). وعند نقطة الحضيض P يأخذ القمر مدارًا انتقاليًا بيضاويًا (2)، اختلافه المركزي عالي القيمة. ويميل هذا المدار بزاوية 7 º ، والمحور الأعظم لهذا المدار يقع في مستوى دائرة الاستواء ويكون أوج هذا المدار عند A على ارتفاع 36000 كم ودورته في هذا المدار 11 ساعة.

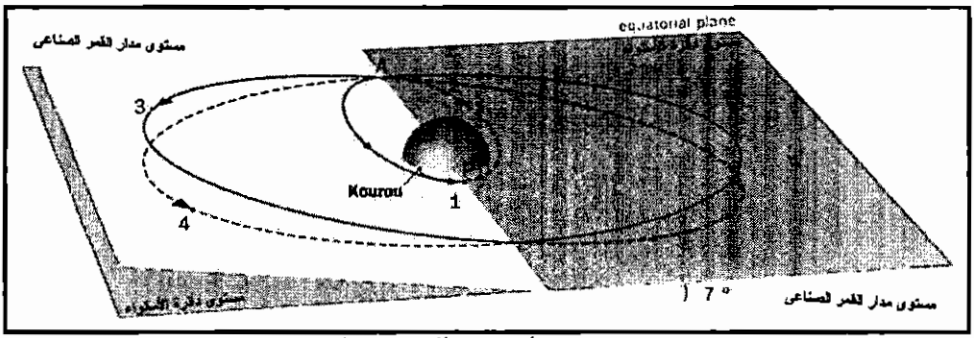
- المرحلة الثانية (استدارة المدار وتعديل الميل) :

بعد عدة دورات في المدار السابق (2) وعند عبور النقطة A تعمل محركات الدفع الأوجية مما يغير مسار القمر إلى مدار دائري (3) يسمى مدار الانحراف Drift orbit ، يحتفظ فيه بنفس ارتفاع الأوج وزاوية ميل المدار º 7. وبعد دورة أو أثنين تعطي دفعة أخرى عموديه على مستوى المدار عند النقطة A لتغير ميل المدار ليصبح قريبا جدا من دائرة الاستواء (المدار 4). وبهذه الطريقة يتم وضع القمر في مستوى دائرة الاستواء. وتسمى هذه العمليات بالمناورات الأوجية Apogee maneuvers لأنها تتم عند الأوج عند النقطة A. وينطبق في هذه الحالة المحور الأعظم للمدار مع الخط العقدي.

- **المرحلة الثالثة** (انحراف القمر وبلوغه موقعه) :

في هذه المرحلة يتم وضع القمر في خط الطول المطلوب في مداره وإجراء الضبط الدقيق لموقعه، وذلك يتم بدفعات من المحرك ألأوجي مماسية أو عمودية على المدار.

بينما تستغرق المرحلتين الأولى والثانية يومين، نجد أن وضع القمر في خط الطول المخطط له يتطلب وقتًا أطول يصل إلى عدة أسابيع.



الشكل (5-17). أطلاق الأقمار من قاعدة كورو.

5-8-2-2 : الإطلاق من قاعدة كاب كانفرال :

إطلاق الأقمار الثابتة من قاعدة كاب كانفرال Cape Canaveral في الولايات المتحدة عند خط عرض ′30 °28 شمال الاستواء يتم بواسطة المكوك الفضائي Space Shuttle، الذى يتطلب مناورات أكثر من الأقمار التي تطلق من منطقة كورو Kourou بواسطة صواريخ اريان، وذلك لأن خط عرض كاب كانفرال أكبر من خط عرض كورو Kourou. ويوضح الشكل (5-18) مراحل وضع القمر الثابت في مداره من كاب كانفرال وهى :

- المرحلة الأولى :

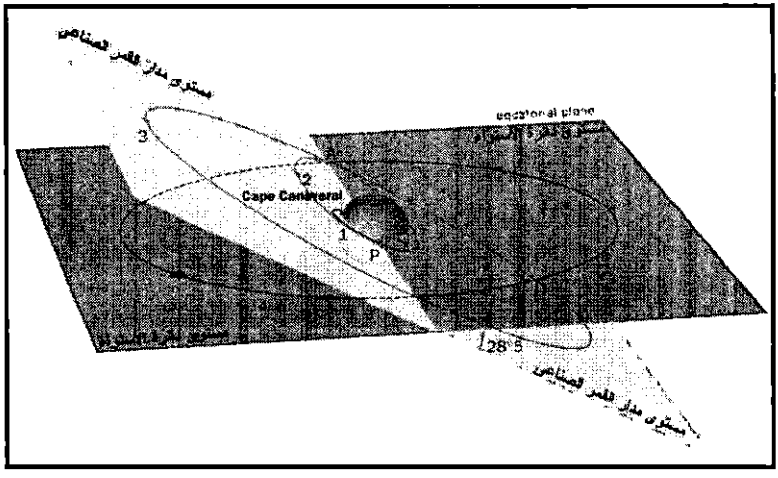
وضع القمر في مدار دائري منخفض يسمى مدار الانتظار (1) Parking Orbit على ارتفاع 300 كم يميل على الاستواء بزاوية °28.5 .

- المرحلة الثانية :

إعطاء دفعة للقمر عند النقطة P بواسطة محركات الدفع الحضيضية Perigee Kick Motor وعندئذ يأخذ القمر مدارًا انتقاليًا Transfer Orbit ارتفاع نقطة اوجه 36000 كم. وتسمى عملية الانتقال من مدار الانتظار إلى المدار الانتقالي بالمناورة الحضيضية Perigee Maneuver. ويظل ميل المدار الانتقالي (2) °28.5.

- المرحلة الثالثة:

جعل المدار أكثر استدارة مرة أخرى وتغيير ميله بمناورة أوجيه مشابه للمناورة المطلوبة في الإطلاق من مركز كورو ولكن في هذه الحالة تكون قوة الدفع أقوى حيث أن الميل سيتغير بزاوية أكبر من °20.



الشكل (5-18). إطلاق أقمار من قاعدة كاب كانفرال.

- المرحلة الرابعة:

بعد أن يتم تغيير الميل ليصبح المدار أقرب لدائرة الاستواء يتم أزاحه القمر في مداره إلى خط الطول المناسب للموقع ليكون القمر ثابتا بالنسبة له.

5-8-2-3 : الإطلاق من قاعدة بيكنور:

يتم الإطلاق بواسطة صواريخ بروتون Proton Rocket من قاعدة بيكنور Baikonur (خط عرض '9 45°) في كازخستان Kazakhstan وهذا الإطلاق مناوراته تشبه ما يتم في مناورات قاعدة كيب كانفرال، إلا أنه يتطلب دفعات أكثر قوة الشكل (5-19).

- المرحلة الأولى :

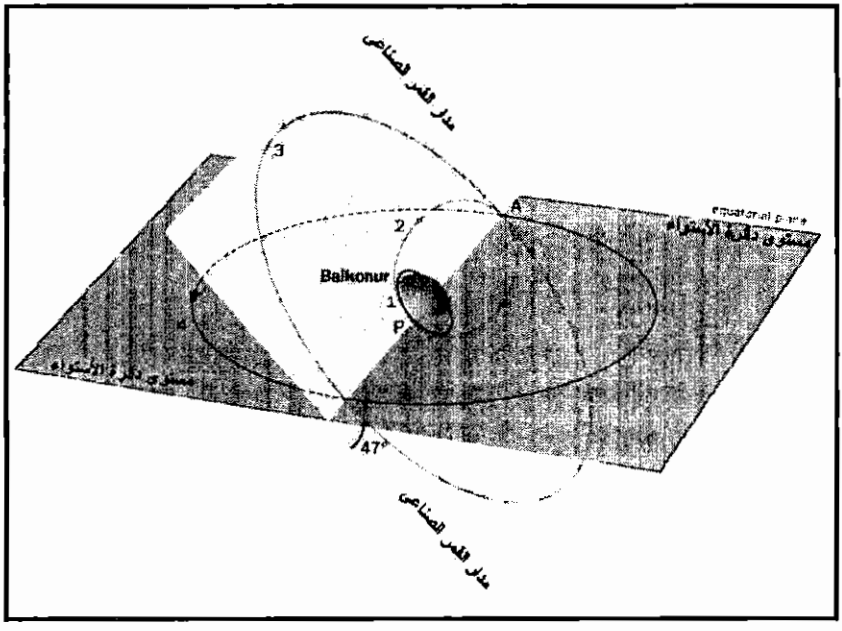
وضع القمر في مدار الانتظار (1) على ارتفاع 200 كم وزاوية ميل ° 51 حتى عبوره للعقدة الهابطة P.

- المرحلة الثانية :

وضع القمر في المدار الانتقالي (2) بزاوية ميل ° 47 وارتفاع أوجي فوق 36000 كم قليلا وهذا يتم بمناورة حضيضيه.

- المرحلة الثالثة :

جعل المدار أكثر استدارة (3) وتصحيح الميل عند العقدة الهابطة. ويتم الوصول للمدار النهائي بمناورة أوجية عند A



الشكل (5-19). إطلاق أقمار من قاعدة بيكنور.

- المرحلة الرابعة :

يتم وضع القمر عند خط الطول المطلوب في مداره بالنسبة للأرض (4).

9-5 : خسوف القمر الصناعي :

يصنع مستوى دائرة الاستواء مع دائرة البروج زاوية '27 ° 23. ولهذا يوجد عدة أيام من السنة قرب الاعتدال الربيعي والخريفي يحدث خلالها خسوف للقمر الثابت أي دخوله في ظل الأرض Umbra وعدم استقباله أشعة الشمس، أو سقوط جزء من أشعة الشمس عليه إذا مر بمنطقة شبه ظل الأرض Penumbra الشكل (5-20). وأيضا يحدث خسوف للقمر الصناعي إذا مر القمر الطبيعي Moon بين الشمس والقمر الصناعي والقمر يحتاج إلى طاقة مستمرة لتشغيل أجهزته ليعوض ما يمكن فقده من عدم تعرض الألواح الشمسية لأشعة الشمس أثناء الخسوف.